ANALES

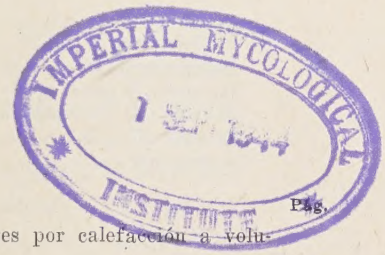
DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA

ARGENTINA

DIRECTOR: EMILIO REBUELTO

MAYO 1944 — ENTREGA V — TOMO CXXXVII



SUMARIO

Pág.

JOSÉ PIAZZA. — Licuación de mezclas de vapores por calefacción a volumen constante 193

PEDRO GUILLERMO PATERNOSTO. — El nitrógeno en la vida 206

LUIS TOSSINI. — El nivel de las « más altas crecidas ordinarias » del río Paraná - Procedimiento para su determinación (*Conclusión*) 220

Discurso del Ing. Nicolás Besio Moreno en representación de la Sociedad Científica Argentina en el acto del sepelio del Ing. Domingo Selva.. 238

BUENOS AIRES
CALLE SANTA FE 1145

1944

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

SOCIOS HONORARIOS

Dr. Pedro Visca †
Dr. Mario Isola †
Dr. Germán Burmeister †
Dr. Benjamín A. Gould †
Dr. R. A. Phillippi †
Dr. Guillermo Rawson †
Dr. Carlos Berg †
Dr. Valentín Balbín †
Dr. Florentino Ameghino †

Dr. Carlos Darwin †
Dr. César Lombroso †
Ing. Luis A. Huergo †
Ing. Vicente Castro †
Dr. Juan J. J. Kyle †
Dr. Estanislao S. Zeballos †
Ing. Santiago E. Barabino †
Dr. Carlos Spegazzini †
Dr. J. Mendizábal Tamborel †

Dr. Walter Nernst †
Dr. Alberto Einstein
Dr. Cristóbal M. Hicken †
Dr. Angel Gallardo †
Dr. Eduardo L. Holmberg †
Ing. Guillermo Marconi †
Ing. Eduardo Huergo †
Dr. Enrique Ferri †

CONSEJO CIENTIFICO

Ing. José Babini; Dr. Horacio Damianovich; Prof. Carlos E. Dieulefait; Dr. Juan A. Domínguez; Dr. Gustavo A. Fester; Dr. Joaquín Frenguelli; Dr. Josué Gollan (h.); Dr. Bernardo A. Houssay; Dr. Cristofredo Jakob; Dr. Emiliano J. Mac Donagh; Dr. R. Armando Marotta; Dr. Julio Méndez; Ing. Agr. Lorenzo R. Parodi; Dr. Franco Pastore; Capitán de fragata Héctor R. Ratto; Vicealmirante Segundo R. Storni; Dr. Alfredo Sordelli; Dr. Reinaldo Vanossi; Dr. Enrique V. Zappi.

JUNTA DIRECTIVA

(1943-1944)

Presidente	Doctor **Gonzalo Bosch**
Vicepresidente 1º	Ingeniero **Enrique Chanourdie**
Vicepresidente 2º	Doctor **Jorge Magnin**
Secretario de actas	Profesor **José F. Molfino**
Secretario de correspondencia	Doctor **E. Eduardo Krapf**
Tesorero	Ingeniero **Edmundo Parodi**
Bibliotecario	Ingeniero **José M. Páez**
Vocales	Doctor **Reinaldo Vanossi**
	Ingeniero **Belisario Alvarez de Toledo**
	Doctor **José Llauró**
	Ingeniero **Juan B. Marchionatto**
	Ingeniero **Carlos M. Gadda**
	Cap. de Frag. **Marcos A. Savon**
	Ingeniero **José C. Bertino**
	Ingeniero **Alfredo G. Galmarini**
	Ingeniero **Gastón Wunenburger**
Suplentes	Ingeniero **Anecto J. Bosisio**
	Ingeniero **Héctor Ceppi**
	Ingeniero **Pedro Rossell Soler**
	Doctor **Elías A. De Cesare**
	Doctor **Carlos A. Bertomeu**
	Ingeniero **Juan B. Berrino**
Revisores de balances anuales	Doctor **Antonio Casacuberta**
	Arquitecto **Carlos E. Géneau**

ADVERTENCIA. — Los colaboradores de los Anales son personalmente responsables de la tesis sustentada en sus escritos. Tienen derecho a la corrección de dos pruebas. Los que deseen tirada aparte de 50 ejemplares de sus artículos, deben solicitarla por escrito. Artº 10 del Reglamento de los "ANALES" (modificado por la J. D. en su sesión de fecha 4 de septiembre 1941). Los escritos originales destinados a la Dirección de los "Anales", serán remitidos a la Administración de la Sociedad, calle Santa Fe 1145, a los efectos de registrar la fecha de entrega para luego enviarlos al señor Director. La Sociedad no tomará en consideración las observaciones de los autores que se refieran a cualquier anormalidad, si no se ha cumplido con el requisito indicado.

Impreso en los Talleres Gráficos "TOMAS PALUMBO" - La Madrid 321-325 - Buenos Aires

LICUACION DE MEZCLAS DE VAPORES POR CALEFACCION A VOLUMEN CONSTANTE

POR

JOSE PIAZZA

Resumen: Calentando a volumen constante el vapor que se encuentra encima de una solución de dos o más componentes, se observa licuación en la zona de mayor temperatura. El efecto aumenta con la densidad del vapor. Se interpreta este fenómeno admitiendo que por efecto del gradiente de temperatura el compuesto menos volátil se desplaza hacia la zona de mayor temperatura.

EFECTO OBSERVADO

Una solución de dos o más componentes que llena parcialmente una ampolla cerrada y sometida a una diferencia de temperatura, de manera que la mayor temperatura corresponda a la parte superior de la ampolla o sea a la fase gaseosa, tiende después que el vapor ha adquirido una cierta densidad a condensar en la zona más caliente una fase líquida, menos volátil que la mezcla primitiva. El fenómeno cesa después de haberse separado una cierta cantidad de líquido, estableciéndose de este modo un equilibrio. Si la parte licuada vuelve a caer en la mezcla inicial, si se mantiene el salto de temperatura, el efecto sigue indefinidamente; cesa cuando la temperatura se uniforma en todo el sistema. El fenómeno no se produce con un líquido de un solo componente. Todo ocurre como si bajo el gradiente de temperatura los componentes adquiriesen una cierta movilidad, desplazándose los productos menos volátiles hacia la zona de mayor temperatura y los mas volátiles hacia la de menor temperatura.

PARTE EXPERIMENTAL

En un estudio anterior sobre el comportamiento de soluciones en el punto crítico [1] hemos desarrollado una técnica para calentar soluciones contenidas en ampollas en una corriente de aire descendente. A continuación utilizamos una técnica análoga.

En un cilindro de Pirex de aproximadamente 17 mm de diámetro y 200 mm de longitud (ver figura 1) entra aire caliente por el tubo superior *2* controlado por el termómetro *3*. El aire recorre la longitud del cilindro y sale por el tubo *4*. La ampolla de vidrio *B*

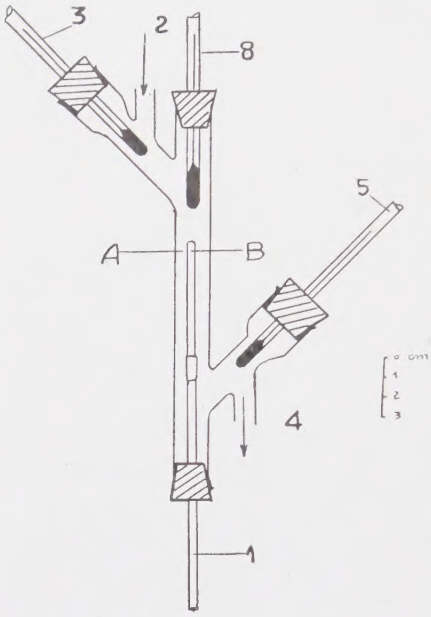


FIG. 1.

contiene la solución que se quiere investigar y está sostenida por la varilla *1* en la posición conveniente. El termómetro *8* mide la temperatura del aire en la cercanía de la ampolla, pudiendo explorar toda su longitud, resultando un gradiente de temperatura casi rectilíneo. La caída de temperatura depende en primer término de la velocidad de circulación del aire. Se coloca la ampolla axialmente y con el menisco a mitad altura del tubo. El diámetro interior varía según las ampollas, de 1 a 1,5 mm y la longitud de 60 a 100 mm. El diámetro exterior del capilar de 4 a 5 mm.

ENSAYOS

Nº 1. — Se utiliza una ampolla de 90 mm de longitud que se llena hasta una altura de 60 mm con una solución de alcohol-agua al 50 %. Con una caída de temperatura de 185°-100° se nota arriba

del menisco un escurrimiento de líquido que forma estrías en la solución. A 260° el efecto es más intenso y se observa en la punta superior de la ampolla la formación de un depósito de líquido que no desaparece aún aumentando la temperatura superior, hasta 305°. En este momento desaparece el menisco de la solución alcohólica. El vidrio en la zona superior se ha vuelto lechoso por efecto de corrosión del agua. La temperatura inferior máxima ha sido de 192°.

Nº 2. — Se utiliza una ampolla análoga a la empleada en el ensayo anterior, y llenada con el mismo volumen de alcohol absoluto. Se repiten las condiciones de temperatura del ensayo 1 sin observar ningún fenómeno de licuación en la parte superior del menisco, ni formación de estrías en el líquido.

Nº 3. — Sobre la misma varilla de soporte *1*, ver fig. 1, se sostienen paralelamente las ampollas del ensayo 1 y 2. Bajo el gradiente de temperatura, en la parte superior de la ampolla con la solución de alcohol-agua al 50 % se nota la aparición de una columna de líquido de 2 mm de espesor. En la ampolla con un solo componente no se produce ningún efecto.

Nº 4. — Se utiliza una ampolla de vidrio idéntica a las anteriores pero con una estrangulación en la parte superior con el fin de facilitar la retención de la fase condensada. Con un gradiente 240°-155° se observa un escurrimiento intenso de líquido encima del menisco. A 270° ya se ha formado una columna de líquido en la parte superior. La estrangulación, practicada a unos 12 mm de la extremidad superior no ha contribuido en aumentar el efecto.

En la repetición del ensayo se nota que la condensación se hace con más dificultad y con menor intensidad.

Nº 5. — Se trabaja en las mismas condiciones que en el ensayo anterior, pero después de cada observación se saca la ampolla del tubo y se agita fuertemente su contenido y se vuelve a experimentar. En estas condiciones el fenómeno de licuación se repite siempre con la misma intensidad y regularidad.

En los ensayos que siguen hemos modificado la técnica de calefacción para obtener un gradiente más pronunciado de temperatura. En el dispositivo de la figura 2, por el tubo *2* se introduce el aire de mayor temperatura y por el tubo *4* en la parte

inferior el aire de menor temperatura. El diafragma *C* de mica, fijado al vástago *9* divide el dispositivo en dos secciones. El aire superior sale por la abertura *7* y el aire de la calefacción inferior por el tubo *6*. Se controlan las temperaturas de salida. Con el tiem-

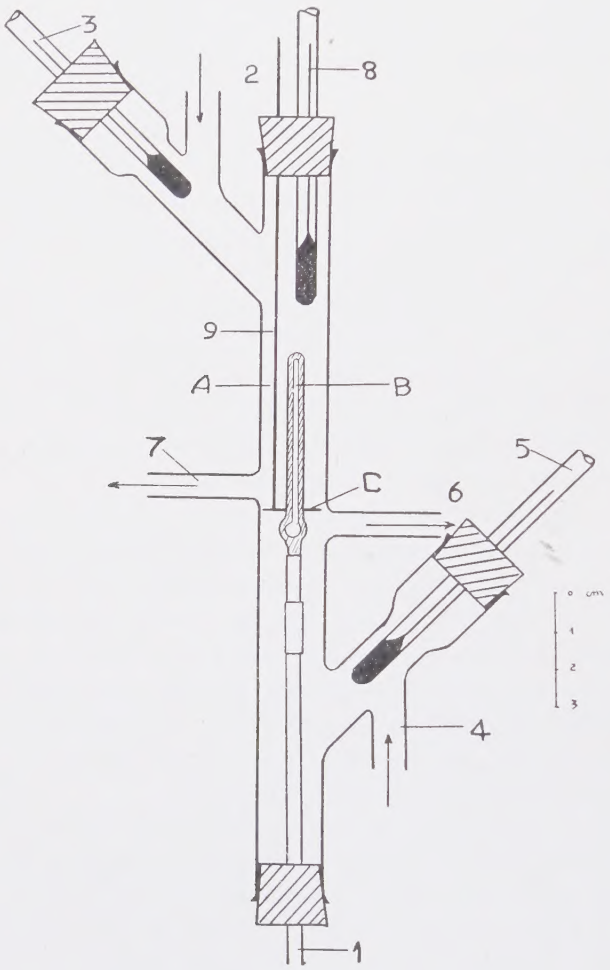


FIG. 2.

po hemos suprimido el diafragma *C*, utilizando solamente el termómetro *8*. Con una temperatura de 290° en la parte superior y 110° en la parte inferior se obtienen efectos de condensación muy nítidos en el caso de alcohol-agua.

Nº 6. — Se emplea una ampolla de 70 mm de longitud que se carga hasta 40 mm de longitud con una solución de alcohol-éter al 50 %. Con una diferencia de temperatura 230°-100° no se nota efecto de caída de líquido ni condensación en la parte superior. Solamente se observa formación de estrías en la solución debajo del menisco. Llevando la temperatura superior a 230° se nota una ligera condensación en la extremidad de la ampolla.

Nº 7. — Se emplea una ampolla con alcohol-glicerina, 80 % y 20 % respectivamente. Con un gradiente 305°-170° se nota un efecto de condensación en la extremidad de la ampolla.

Nº 8. — Se repite el ensayo 7 y se investiga la fase separada en la extremidad superior de la ampolla introduciéndola en una mezcla de acetona y nieve carbónica. En igualdad de condiciones se observa una diferencia de aspecto con el líquido primitivo, siendo el destilado más viscoso y de aspecto más lechoso que la solución original a baja temperatura.

Nº 9. — Se emplean partes iguales de alcohol absoluto y glicerina. El efecto, en las mismas condiciones que los ensayos anteriores, es mucho más débil; apenas se notan unas gotitas de líquido condensado en la extremidad de la ampolla.

Nº 10. — Se investiga una solución saturada de iodo en tetracloruro de estaño. Aún calentando el aire descendente hasta 300° no se nota ningún efecto. El sistema probablemente ha sufrido una transformación química.

Nº 11. — Se ensaya una solución concentrada de iodo en alcohol. A 180°-70° se observa un pequeño efecto, pero los vapores de iodo se decoloran rápidamente.

Nº 12. — Se prepara en la ampolla una solución de iodo en tetracloruro de carbono dejando un exceso de iodo como fase sólida. Con un gradiente de temperatura 220°-110° se nota la condensación del iodo un poco más arriba del menisco y su caída en forma de gotas. Sin el diafragma *C* el efecto se observa mejor.

Los ensayos anteriores nos han hecho pensar de que el efecto, en primer término, tiene que producirse en la misma columna de líquido encerrada en el capilar de la ampolla, lo que obstaculizaría la formación del condensado en la fase gaseosa. Hemos empleado a continuación ampollas esféricas del tipo *a* y *b* de la figura 3.

Llenándolas parcialmente se evita la formación de la columna de líquido.

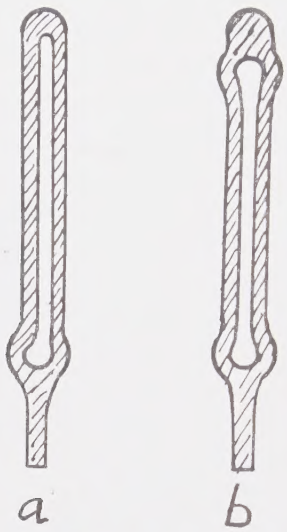


FIG. 3. — Diámetro interior del capilar: 1,25 mm; diámetro exterior: 6 mm; longitud: 50 mm. El volumen de la bola equivale a una columna de 10 mm de longitud de capilar.

Nº 13. — Se emplea una ampolla del tipo *b* y una solución de glicerina al 20 % en alcohol. Se llena parcialmente la bolita inferior de manera que el nivel no alcance el cuello del capilar. Con un gradiente 220°-110° se nota una caída intensa y continua de líquido que proviene desde muy arriba del capilar. A 250°-122° el fenómeno se hace todavía más intenso y el líquido aparece en la bolita superior.

Nº 14. — Se hace el mismo ensayo con una ampolla del tipo *a* repitiendo las condiciones del experimento 13. Con un gradiente 250° - 110°, después de media hora se nota en la extremidad superior del capilar la formación de una columna de líquido que se ha condensado y permanece en la zona de mayor temperatura.

Nº 15. — Se emplea una ampolla del tipo *a* con alcohol absoluto como único componente. Se experimenta en las mismas condiciones que en el ensayo 14, sin notar absolutamente ningún efecto.

Nº 16. — Se emplea una solución alcohólica de glicerina al 20 % teñida con rojo Cerasina Casella. Se emplea un capilar del tipo *a*. La columna de líquido que se ha condensado en la extremidad su-

perior de la ampolla está coloreada más intensamente que el líquido primitivo.

Nº 17. — Se llena parcialmente una ampolla del tipo *b* con el colorante Cerasina Casella en polvo empleado en el ensayo anterior, y se nota que a 250°-110° el colorante se expande en toda la ampolla.

Nº 18. — Se colorea una solución alcohólica de glicerina al 20 % con una gota de tinta china y se carga en una ampolla del tipo *a*. Al calentarse, el coloide tiende a precipitar; queda sin embargo una pequeña coloración residual en la parte inferior de la ampolla, mientras la columna del líquido condensado en la parte superior es completamente incolora.

Nº 19. — Se repite el ensayo 12 con tetracloruro de carbono-iodo en exceso, pero empleando una ampolla del tipo *a*. Se produce el efecto bajo un gradiente 250°-100° sin empleo del diafragma *C*. El iodo líquido sin embargo no alcanza la extremidad superior del capilar y cae continuamente en el líquido inferior, produciéndose por arriba del cuello del capilar una zona intermedia de menor coloración.

Nº 20. — Se emplean dos fases no miscibles, agua y tetracloruro de carbono en una ampolla del tipo *a*. Bajo el efecto del gradiente de temperatura y con el depósito inferior de la ampolla fuertemente iluminado se observa la formación continua de estrías y de torbellinos, pero no se alcanza a observar un efecto de condensación en el capilar.

Nº 21. — Se repite el ensayo 14 pero recubriendo la extremidad superior del capilar con una espiral formada con un alambre de cobre para aumentar la calefacción de esta zona por el aire circulante. El fenómeno de condensación se repite pero este recurso no representa ventaja notable frente a la técnica anterior.

Nº 22. — Se carga la parte inferior de la ampolla *a* con dos volúmenes de nafta y un volumen de kerosene. Se nota la formación de intensas estrías, análogamente al ensayo 20, pero no se llega a discernir en el capilar la formación de un condensado.

Nº 23. — Se repite el ensayo 13, notándose el mismo efecto de una continua lluvia de gotas en la zona de mayor temperatura.

A partir de este momento se busca de igualar las temperaturas en el cilindro, haciendo las siguientes observaciones:

Gradiente: 254° - 156° fuerte efecto de condensación
270° - 235° disminuye el efecto
245° - 270° el efecto ha desaparecido.

A otras temperaturas, prácticamente iguales en la parte superior e inferior del cilindro, explorando entre 200° a 300° no se observa el efecto de condensación en ningún momento.

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Cuando se provoca una diferencia de temperatura en una columna de líquido, siendo la temperatura máxima en la base, el gradiente de temperatura origina en el cilindro un gradiente de concentración en el caso de que el líquido tenga más que un solo componente ([2]); el componente más volátil se desplaza hacia la zona de menor temperatura.

Para que se mantenga la caída de concentración es indispensable evitar los efectos de la difusión, lo que se consigue alternando las capas de líquido en el cilindro con capas de vapor. Este caso es idéntico al de una columna de fraccionamiento.

Si x es la composición del componente más volátil
y la composición del vapor
Δt el gradiente de temperatura
Q el flujo de calor
a la cantidad de mezcla
h la altura de la columna
d el diámetro del cilindro
λ la conductibilidad calórica aparente de la mezcla
q el calor de evaporación de la mezcla a,

las siguientes ecuaciones fundamentales relacionan entre ellas todas estas variables y permiten establecer las características del gradiente de concentración:

$$1)\quad Q = \frac{\lambda \,.\, \Delta t \,.\, d^2 \,.\, \pi}{h \,.\, 4}$$

$$2)\quad dQ = da \,.\, q$$

$$3)\quad \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{y - x} = ln \frac{a_1}{a_2}$$

La difusión del vapor desde la capa inferior hacia la capa superior inmediata, da lugar a la creación del gradiente de concentración cuando la relación y/x es mayor que la unidad.

La caída de temperatura dt provoca la condensación da y las calorías libertadas producen una cantidad equivalente de vapor en equilibrio con la mezcla que forma la capa.

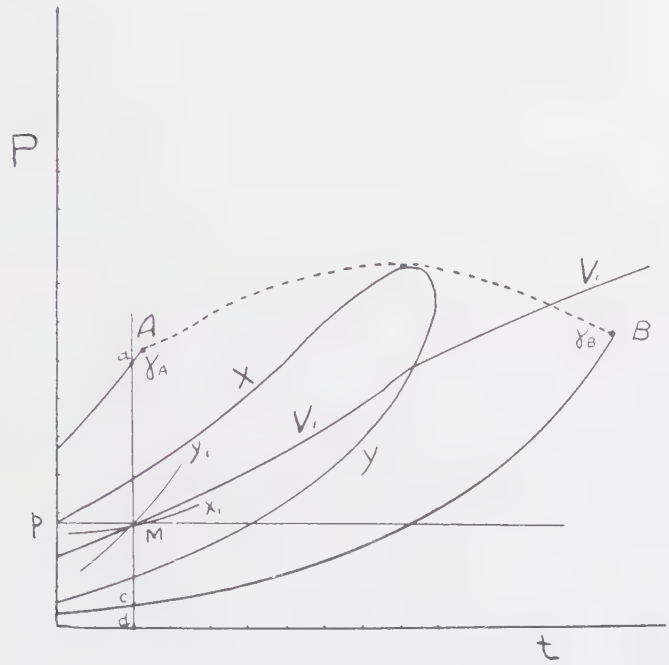


FIG. 4.

En nuestros ensayos hemos realizado estas condiciones experimentales pero invirtiendo el gradiente de temperatura, siendo el máximo de temperatura en la parte superior de la columna de líquido. Todo tiene que reproducirse, lo único que extraña es figurarse el mecanismo de la difusión del vapor desde una capa superior a la capa inmediatamente inferior del líquido.

Si se tratara de un sistema a temperatura constante, en el caso de una mezcla binaria, las condiciones experimentales podrían interpretarse según el diagrama de la figura 4.

En el sistema de coordenadas presión-temperatura se representan las tensiones de vapor de los componentes A y B. La composición de la mezcla binaria corresponde a la curva límite X-Y de isocomposición que encierra la superficie correspondiente al estado de heterogeneidad. La calefacción a volumen constante modifica las condiciones de la temperatura y presión según la isócora V_1.

En las condiciones experimentales del punto M, la composición del líquido está determinada por la rama x_1 de la curva de isocomposición que pasa por M, y la composición del vapor por la rama y_1 de otra curva de isocomposición que pasa por el punto M.

Si el sistema binario obedece a la ley de Raoult, los valores x_1 e y_1 que corresponden al punto M se calculan gráficamente del siguiente modo (*):

$$x_1 = \frac{\overline{Mc}}{\overline{Ma}} \quad ; \quad \frac{y_1}{x_1} = \frac{\overline{ad}}{\overline{Md}} .$$

El salto de temperatura en el capilar tiene que repartirse en n sistemas de volumen constante y cuya temperatura sería considerada uniforme en cada sistema.

Se puede interpretar la difusión del vapor en el líquido desde el punto de vista cinético. Por otra parte estamos trabajando en las cercanías de las condiciones críticas y debido al aumento de la densidad del vapor y a la disminución de la densidad del líquido, la probabilidad de difusión entre las dos fases desde la capa superior hacia la capa inferior, aumenta con la temperatura si se mantiene el volumen constante.

J. Traube en sus publicaciones sobre el estado crítico y la teoría de la continuidad (3) admite arriba de las condiciones críticas la presencia de un sistema heterogéneo formado por una mezcla de fluidones y gasones. Ross D. Spangler (4) explora por medio de los rayos X las fases en equilibrio en la cercanía del punto crítico y habla de un estado cibotáctico de las moléculas para interpretar los fenómenos observados.

La movilidad de la fase líquida, disuelta o mezclada en el vapor en las condiciones críticas ha sido estudiada en varias mezclas por

(*) Interpretación del autor.

Chitarow Ivanow (5 y 6) en vista de la importancia geológica que dicha movilidad encierra para los fenómenos naturales.

En un trabajo sobre el calentamiento del vapor en equilibrio con una solución en las condiciones críticas (1) observamos la presencia de la fase disuelta en el vapor en el caso de soluciones de colorantes, de cloruro de calcio, de cloruro de litio, etc., en alcohol. Asimismo F. Spillner (7) estudia la concentración de sales en la fase vapor después de haber alcanzado las condiciones críticas. En nuestro desarrollo experimental han influído las consideraciones teóricas que hemos expuesto. Se podría invocar también el fenómeno de la capilaridad para explicar parcialmente algunos efectos observados, pues, a veces durante nuestros ensayos se tenía la impresión que la película de líquido sobre las paredes del capilar oscilara alrededor de una posición media, subiendo y bajando alternativamente, como hemos observado en los ensayos 12 y 19 con iodo. Tiñendo la solución con el colorante Cerasina (ensayo Nº 16) el colorante tiende a desplazarse hacia la zona de mayor temperatura. El ensayo 17 demuestra que el colorante a esa temperatura tiene una tensión de vapor apreciable. Empleando como colorante en el ensayo 18 una solución de carbón coloidal, a pesar de que casi la totalidad del coloide precipita por efecto de la calefacción, se demuestra que el fenómeno observado difícilmente podría atribuirse al efecto de capilaridad.

La caída de concentración tiende en producirse en el seno de la columna de líquido, por esta razón, si queremos observar en toda su magnitud el efecto de desplazamiento del componente menos volátil hacia la zona de mayor temperatura, conviene evitar la presencia de la columna de líquido. Esta es la razón porque hemos adoptado, después del experimento 12, una ampolla de forma esférica en la parte inferior, de manera que en el seno del líquido no pueda formarse un gradiente de concentración. Los ensayos 13, 14 y siguientes demuestran un aumento muy fuerte del efecto en estas condiciones. En el ensayo 5 hemos observado que agitando la ampolla después de cada observación, el efecto se reproduce siempre con la misma intensidad debido a la homogenización del contenido de la ampolla.

Se puede hacer más visible el fenómeno empleando como fase menos volátil substancias viscosas que por supuesto se acumulan más fácilmente en la zona superior de la ampolla como en el ensayo

14 en que hemos empleado glicerina. En el ensayo 13 con una ampolla ensanchada en la parte superior que evita la acumulación del líquido, se demuestra la continuidad del fenómeno por la formación de gotas que continuamente caen en la solución.

Aumentando la composición del componente menos volátil hasta el 50 %, el efecto desaparece visiblemente.

En los ensayos 6, 20 y 22 con mezclas de substancias poco viscosas, no se alcanza a observar directamente la película de líquido, solamente se nota en la ampolla la formación continua de estrías y torbellinos, lo que indica la existencia de diferencias de densidad.

Los ensayos 2, 3 y 15 con un solo componente, demuestran que a pesar del gradiente de temperatura, la condensación en la zona superior no se produce.

El ensayo 23 y otros análogos, que consisten en igualar la temperatura en todo el sistema, demuestran que a temperatura constante no hay efecto.

La licuación en la zona de mayor temperatura nada tiene que ver con el posible aumento de la fase líquida que se observa en las isócoras con densidades mayores a la crítica.

CONCLUSIONES

De estos ensayos se comprueba que en una destilación no solamente el sistema más volátil se desplaza siguiendo el gradiente de temperatura, sino también el sistema de compuestos menos volátiles se mueve hacia la zona de mayor temperatura. La movilidad aumenta a medida que la densidad del vapor se acerca a la densidad del líquido.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1) José Piazza. — Calentamiento del vapor en equilibrio con una solución en las condiciones críticas. *Anales del Inst. de Invest. Cient. y Tecn.*, 1940-1941, pág. 49.

2) José Piazza. — Destilación fraccionada en espirales. *Anales del Inst. de Invest. Cient. y Tecn.*, 1938-1939, pág. 56.

3) J. Traube. — El estado crítico y la teoría de la continuidad. *Colloïd. Z.*, 70, pág. 302, 1935.

4. Ross D. Spangler. — El estado cibotáctico en la proximidad del punto crítico. *Phys. Rev.*, (2) 42, 1932.

5) N. I. CHITAROW y L. A. IVANOW. — La geoquímica del cromo en las condiciones hipercríticas. *Chemisches Zentralblatt*, 1936, I, pág. 3655.
6) N. I. CHITAROW y L. A. IVANOW. — La geoquímica del cromo en las condiciones hipercríticas. *Chemisches Zentralblatt*, 1937, II, pág. 1168.
7) F. SPILLNER. — Vapor de alta presión como solvente. *Chemische Fabrik*, Nº 22, pág. 405, 1940.

TRABAJO REALIZADO EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL. FACULTAD DE QUÍMICA INDUSTRIAL Y AGRÍCOLA. SANTA FE

EL NITROGENO EN LA VIDA (*)

POR

PEDRO GUILLERMO PATERNOSTO

DOCTOR EN QUÍMICA

El importante rol que desempeña el nitrógeno en la constitución de los seres organizados, deriva de que el protoplasma de la célula, tanto como los albuminoides en general, son combinaciones nitrogenadas. Así escuetamente dicho, se vislumbra que aquel elemento es esencial para la vida.

Conocida es por otra parte la función del oxígeno en la respiración animal. Desempeña el nitrógeno en dicha función, el papel de regulador, al actuar como diluyente del oxígeno; con ello las combustiones de los hidratos de carbono, grasas, etc., no adquieren la energía que habría de esperarse si nos desenvolviésemos en una atmósfera de oxígeno puro.

Se atribuye el descubrimiento del nitrógeno a Rutherford (1772), aunque por la misma época Priestley demostraba lo mismo que aquél, mediante sencillo experimento, que provocando la combustión de un trozo de carbón en una limitada cantidad de aire y absorbiendo el anhídrido carbónico, el gas remanente no mantenía la respiración ni la combustión. Cavendish (1785), hace la confirmación de este experimento. Scheele (1777), realiza la trascendente comprobación de que « el aire estaba compuesto de fluidos elásticos de dos clases ». Lavoissier (1789), llama *Azoe* (privador de vida) al gas que Rutherford y Priestley acusaban de incapacidad para mantener la combustión y que era impropio para la respiración. Así mismo, llamó *Oxígeno* al componente de la atmósfera que pro-

(*) Síntesis de la conferencia pronunciada en la Facultad de Química y Farmacia de La Plata, bajo los auspicios de la Sociedad Científica Argentina (filial de aquella Ciudad).

vocaba la combustión. Chaptal (1823), llama *Nitrógeno* (generador de nitro), al gas privador de vida, por constituir el componente principal del nitro.

La época en que ocurre el descubrimiento del nitrógeno, es de especial significación en la historia de la química, ya que comprobada por Lavoissier la existencia en el aire de dos gases, con la proporción muy aproximada en que se hallaban en la atmósfera y demostrado experimentalmente por el mismo, que la combustión va acompañada de aumento de peso en el cuerpo que se quema, los sostenedores de la teoría del flogisto experimentaron una decisiva derrota. No deben menospreciarse, sin embargo, los servicios importantes que esta teoría ha prestado a la ciencia química.

La época de la aparición de Antonio Lorenzo Lavoissier en el escenario científico, puede ser considerada como la aurora de la química moderna.

La composición de la atmósfera, en su origen, ha sido probablemente distinta de la actual. Ajustándonos a la teoría más aceptada sobre el origen de la tierra, cuando la nebulosa terrestre se fué solidificando, a raíz de un paulatino enfriamiento, la atmósfera que entonces la rodeó estaría constituída por nitrógeno, vapor de agua y anhídrido carbónico volcánico; faltando completamente el oxígeno.

En condiciones tales pudo iniciarse y desarrollar gradualmente la vida vegetal (ya que las plantas son anaerobias). La existencia de los vegetales produjo un lento enriquecimiento de oxígeno y concomitante empobrecimiento en anhídrido carbónico, como resultado de la función clorofílica ejercitada por las plantas verdes; es decir que se producía por éstas fijación de carbono del anhídrido carbónico y emisión del oxígeno de este compuesto. La extensión de este proceso vegetativo por millares de siglos, produjo un aumento tal de la cantidad de oxígeno en la atmósfera, que posibilitó la iniciación y desarrollo de la vida animal (que es aerobia). Por la existencia simbiótica que entonces se establece: absorción de oxígeno y emisión del anhídrido carbónico, producto de la combustión interna, en el animal; absorción del anhídrido carbónico por el vegetal con retención del carbono y emisión del oxígeno, se alcanzó un estado de equilibrio. Sobre la continuidad de éste reposa la composición constante de la atmósfera actual.

Análisis de aire atmosférico seco, privado de CO_2

Nitrógeno	en volumen,	78,06 %	; en peso,	75,5 %
Oxígeno	»	»	21,0 »	; »	»	23,2 »
Argón	»	»	0,94 »	; »	»	1,3 »

(En aire seco existe 0,03 % de anhídrido carbónico en volumen o 0,046 % en peso; gases nobles: helio, neon, kriptón, xenon, 0,0016 %).

Sobre esta composición no hay influencia sensible por los fenómenos que fijan nitrógeno atmosférico; ya que éstos son compensados a su vez por otros —los de desnitrifación—, que liberan nitrógeno de las distintas sustancias nitrogenadas.

Los vegetales suministran la materia orgánica nitrogenada (proteínas) indispensable para la vida del hombre y de los animales. Estos han menester de una cantidad mínima diaria de proteínas, las que si no ingieren de alimentos vegetales, las toman de alimentos de origen animal; lo que equivale a decir que lo son indirectamente del vegetal ya que el animal se nutre de vegetales.

No supone esto incapacidad total en el hombre para elaborar sustancias proteicas, ya que lo hace, pero a expensas de aminoácidos productos de la degradación de moléculas que fueron tomadas del vegetal, o de animales nutridos a su turno de productos vegetales. Son necesarios para la vida, determinados aminoácidos que el organismo debe tomar preformados, de alimentos protéicos, por su ineptitud para sintetizarlos.

El nitrógeno con que el vegetal sintetiza la molécula de proteína, es tomado del suelo en forma de combinación mineral (nitratos) y la fuente *única* de carbono para la elaboración de tal molécula orgánica, la constituye el anhídrido carbónico atmosférico.

Puede por lo tanto valorarse la importancia de la función que desarrolla el pigmento clorofila, para la existencia de los dos grandes reinos: vegetal y animal.

Para que la clorofila ejercite su función de disociación de la molécula de anhídrido carbónico (CO_2), requiere contribución apreciable de energía. Puesto que la formación de CO_2 es fuertemente exotérmica,

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 + 94.400 \text{ calorías},$$

su disociación requiere cantidad aproximadamente equivalente de energía. La energía necesaria, la suministra el sol y es acumulada en parte en el carbono y más tarde en los compuestos por él formados (hidratos de carbono, proteínas, grasas, etc.). La combustión de estos compuestos en el organismo animal provee la energía necesaria a los procesos vitales (calor animal) y el anhídrido carbónico expelido en la respiración de aquél, es retomado por el vegetal, para la repetición del ciclo.

Pero en general no es posible la captación del nitrógeno elemental, por parte de la planta. La excepción la constituyen algunas leguminosas, que albergan en los nódulos de sus raíces unas bacterias (*bacillus radicicola*) que parecen vivir en simbiosis con la planta y que toman directamente el nitrógeno del aire, para convertirlo en forma utilizable como alimento para la misma; sobre la que desarrollan su vida.

¿Cómo se administran las demás plantas el nitrógeno necesario para elaborar la sustancia albuminoide? Es sabido que lo toman de combinaciones nitrogenadas minerales, existentes en el suelo y particularmente, lo que significa una propiedad selectiva, de los nitratos. La primitiva fuente, que lo sigue siendo en la actualidad, la ha constituído sin duda el ácido nítrico formado por las descargas atmosféricas producidas durante tormentas eléctricas, las que provocan la unión del nitrógeno y oxígeno del aire, según:

$$N_2 + O_2 \leftrightarrows 2\,NO$$

$$2\,NO + O_2 \rightarrow N_2O_4$$

$$N_2O_4 + H_2O \rightarrow NO_2H + NO_3H$$

$$3\,NO_2H \rightarrow NO_3H + 2\,NO + H_2O;$$

este óxido nítrico repite su oxidación a tetróxido de nitrógeno y luego con el agua, se forma nueva cantidad de ácidos nitroso y nítrico, etc. El ácido nítrico se convierte en *nitratos*, por las bases del suelo (particularmente cal).

Con posterioridad, la substancia albuminoidea de los mismos vegetales, los despojos animales; las excresiones de herbívoros y carnívoros, experimentaron en el suelo fermentación pútrida, transformándose de este modo, el nitrógeno protéico, en *amoníaco* y en

parte en *nitrógeno elemental*. Una porción de dicho amoníaco (y todo el nitrógeno), difunde en la atmósfera; pero en su mayor parte, con la intervención de bacterias específicas, se transforma en ácido nitroso primero y nítrico después; ácido éste que es fijado como se ha dicho, por la cal u otras sustancias básicas del suelo. De tal modo es reintegrado el nitrógeno al ciclo de la vida.

Como se ha visto, por la fermentación pútrida, con la complicidad de las bacterias desnitrificantes, se libera nitrógeno, lo que es perjudicial para la vida; pero esa acción negativa para la existencia la compensan las bacterias nitrificantes, que hacen posible la transformación del nitrógeno atmosférico en útil alimento para determinadas plantas.

Resulta, pues, que el hombre toma directamente del vegetal moléculas de gran magnitud (albúminas o proteínas, vitaminas, etc.) o bien por intermedio de productos animales (carne, leche, etc.) y dichas moléculas se degradan luego en su organismo, que es asiento de fenómenos analíticos. Puede el hombre elaborar algunas proteínas en base a productos de esa degradación. Después del metabolismo de dichas sustancias, el hombre elimina con la orina, urea y ácido úrico y con las deyecciones, alrededor de 3 % de nitrógeno no asimilable por él.

Si el consumo de los alimentos vegetales se realizase en el lugar de su producción, el empobrecimineto del suelo en materia nitrogenada, se produciría con suma lentitud. En cambio si aquéllos son transportados, para ser consumidos en puntos distintos, en el lugar de producción hay merma acelerada del nitrógeno disponible en el suelo y es necesario concurrir a repararla con abonos nitrogenados artificiales, a fin de conservar la productividad de aquél. Por otra parte, las fuentes que se han mencionado resultaron deficientes cuando la densidad de la población del mundo fué en aumento; ya que se intensificaron los cultivos, no sólo para atender a la nutrición del hombre, sino para satisfacer otras manifestaciones de la vida.

La destilación de la hulla, carbón proveniente de la fosilización de materia vegetal, que posee en su constitución carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, produce entre los productos gaseosos, amoníaco, que es retenido en las aguas de lavadura del gas de alumbrado. Este amoníaco es fijado por lo general como sulfato de

amonio, que se utiliza directamente como abono nitrogenado artificial. Esta fué por mucho tiempo la única manifestación industrial con miras a la recuperación de nitrógeno.

En 1825 se descubren en Chile los yacimientos de nitro, sobre cuyo origen se han emitido hipótesis diversas. Predomina el criterio de que el ácido nítrico fué producto de la transformación microbiana de la sustancia nitrogenada de inmensos depósitos de guano, ácido que en contacto con terrenos calcáreos se transformó en nitrato de calcio; el que con la intervención de la sal marina, produjo *nitrato de sodio* y cloruro de calcio. El empleo de este nitrato de sodio natural, en la agricultura, comenzó en 1860 y desde entonces se exportó profusamente a Europa. Se conocían por entonces, numerosos pequeños yacimientos de salitre (nitrato potásico) formados en anteriores civilizaciones, por contacto entre excreciones fermentadas y cenizas de plantas:

$$2\,NO_3H + CO_3K_2 \longrightarrow 2\,NO_3K + CO_2 + H_2O.$$

En atención a la importancia que el nitrógeno tenía para la agricultura (y como consecuencia para la vida), no obstante la existencia de tales yacimientos naturales, se miraba con prevención el porvenir de la humanidad; ya sea porque se temiese por el agotamiento de aquéllos, o porque las necesidades siempre crecientes de la vida, harían de los mismos muy precarias fuentes para atenderlas.

Con panorama tal, a fines del siglo pasado se comienzan a revivir viejos experimentos, poco menos que olvidados o mantenidos en el terreno de la simple curiosidad científica. Tales la observación de Cavendish (1781), de que quemando hidrógeno en el aire, el agua resultante de la combustión contenía pequeñas cantidades de ácido nítrico; lo que demostraba que también el nitrógeno, aunque en muy pequeña proporción, entraba en combustión. La del mismo Cavendisch y de Priestley, poco después, que comprueban que haciendo saltar la chispa eléctrica en el aire, se formaban pequeñas cantidades de óxido nítrico. La de Kuhlman (1839), quien demostraba que el amoníaco podía ser oxidado a óxido nítrico, con el empleo de una sustancia catalizadora.

Las proyecciones que la aplicación de estos conceptos tuvieron en el campo industrial, empequeñeció a los más fantásticos visionarios.

Miradas anhelantes se dirigen hacia la atmósfera, en donde cantidades fabulosas de nitrógeno esperaban favorecer los planes de aquellos visionarios y se llega poco a poco a la época de la *industria de la captación del nitrógeno atmosférico.*

¿Qué dificultades presentaba la captación del nitrógeno del aire, en forma de adecuada combinación? ¿Acaso la tan mentada inercia o ineptitud de reacción de ese elemento?

La molécula de nitrógeno se forma con desarrollo considerable de calor:

$$2\,N \longrightarrow N_2 + 150.000 \text{ calorías},$$

lo que significa, que para atomizarlo y hacerlo químicamente activo (producir la reacción inversa $N_2 \rightarrow 2N$), se requiere aproximadamente la misma energía. En ello radica el inconveniente; en el dispendio de energía necesaria en la operación.

El primer intento de industrialización efectiva, se llevó a cabo en Noruega (Nottoden, 1905) por intermedio de Byrkeland y Eyde. Emplearon aire como fuente de nitrógeno y oxígeno, para sintetizar óxido nítrico. Hacían pasar con mucha rapidez aire atmosférico, a través de un disco luminoso de 2 a 3 metros de diámetro, obtenido por la descarga alternada entre dos electrodos situados entre los polos de electroimanes poderosos; se trabajaba a elevada temsión, ya que de ésta depende la amplitud del disco.

La reacción de síntesis del óxido nítrico,

$$N_2 + O_2 \longleftrightarrow 2\,NO - 43.200 \text{ calorías},$$

es endotérmica. De la aplicación del principio de Le Chatelier, a la misma, se deduce que la cantidad de óxido nítrico existente en equilibrio, será mayor a elevada temperatura. Sin embargo, la descomposición del óxido nítrico a esa temperatura elevada, es muy grande. Para un rendimiento remunerador hay exigencia de elevada temperatura para la reacción y rápido enfriamiento del compuesto obtenido, para reducir al mínimo la descomposición; esto es lo que se trató de perfeccionar al máximo.

SINTESIS DEL OXIDO NITRICO

a) empleando volúmenes iguales de nitrógeno y oxígeno.

T 1811°	se forma:	0,37 %	de NO respecto al volumen total gaseoso
2033°	»	»	0,64	en reacción.
2195°	»	»	0,97	
3200°	»	»	5,0	

b) empleando directamente aire.

T 1500°	se forma:	0,1	%	de NO con respecto a volumen de aire
2000°	»	»	0,61	en reacción.
2500°	»	»	1,8	
3000°	»	»	3,57	

Podrá apreciarse de los precedentes datos experimentales que, partiendo de volúmenes iguales de nitrógeno y oxígeno y a 3200° absolutos, es posible tan sólo un rendimiento del 5 %; lo que habla claramente de lo oneroso del proceso y de que su aplicación ha sido posible en lugares donde la energía eléctrica se obtenía a poco precio (por existencia de grandes cascadas o saltos de agua). Consisten las operaciones restantes, en la oxidación del NO a N_2O_4 ($2\,NO + O_2 \rightarrow N_2O_4$), en cámaras apropiadas y posterior disolución de este tetróxido de nitrógeno, en torres aptas para ello:

$$N_2O_4 + H_2O \longrightarrow NO_2H + NO_3H,$$

$$3\,NO_2H \longrightarrow NO_3H + 2\,NO + H_2O;$$

luego hay una nueva transformación de este NO en N_2O_4, por repetición del proceso de oxidación y nueva disolución de éste en agua. El ácido nítrico en estas fábricas se transforma generalmente en *nitrato de calcio*; otras veces, se almacena para distintas aplicaciones.

De mayor importancia ha resultado el proceso de obtención industrial de amoníaco por síntesis, realizado por vez primera por Haber (1904) y luego por Le Rossignol (1908). La fabricación en

gran escala acontece en 1912, por iniciativa de la BASF (Badische Anilin und Soda Fabrik).

Se fundamenta el proceso en la siguiente reacción:

$$N_2 + 3\,H_2 \longleftrightarrow 2\,NH_3 + 22.800 \text{ calorías.}$$

Conforme al principio de Le Chatelier —ya citado— y en virtud de que existe reducción de volumen y desprendimiento de calor (reacción exotérmica), se favorece el rendimiento de este proceso, aplicando elevada presión y trabajando a temperaturas relativamente bajas. Para conciliar ambos factores y trabajar a temperatura que favoreciese el rendimiento, se emplearon catalizadores (en particular hierro, con promotores tales como óxidos de cromo y aluminio y aun molibdeno y aluminio metálicos). Siendo exotérmica la reacción, proporciona la cantidad de calorías necesarias para mantenerla y una vez puesta en marcha, continúa indefinidamente; sólo resta vigilar posibles oscilaciones de la temperatura y algún otro factor. En la economía de energía radica la importancia industrial de este proceso; en 1919, Claude, dió a conocer un procedimiento catalítico de gran rendimiento para esta síntesis, con aplicación de elevada presión (entre 900-1000 atmósferas).

Las sustancias de partida para fabricar amoníaco sintético, son:

a) Nitrógeno del aire. Para suministrarlo es preciso licuar aire y esto implica conexión con otra gran industria no menos importante, la del *aire líquido*. La licuación del aire por el método de Linde (compresión a 200 atmósferas y expansión a 20, en forma alternativa), se funda en el efecto Joule-Thomson y todos los cálculos de aparatos, se realizan en base a las expresiones matemáticas del mismo. El fraccionamiento del aire líquido se realiza en las columnas de Linde, donde se aplica el principio de la destilación fraccionada y se llega a conseguir un nitrógeno hasta de 99,5 % de pureza (punto de ebullición del nitrógeno líquido, —195°5; id del oxígeno líquido, —182°5).

b) Hidrógeno. Puede emplearse el del gas de agua,

$$2\,H_2O \text{ (vapor)} + C \text{ (al rojo)} \longrightarrow CO_2 + 2\,H_2;$$

o bien, el obtenido por la acción del vapor de agua sobre el hierro al rojo:

$$3\,Fe + 4\,H_2O \longrightarrow Fe_3O_4 + 4\,HO_2;$$

o, todavía, en el mejor de los casos, el hidrógeno electrolítico de las fábricas de soda cáustica (electrolisis del cloruro de sodio).

Conseguido a buen precio el amoníaco, fué posible la industrialización de un proceso ideado por Ostwald en 1904; esto es, la fabricación del ácido nítrico por oxidación del amoníaco. Consiste en esencia, en el pasaje de una mezcla de amoníaco y oxígeno por una red de platino de malla muy fina (catalizador de red); dicho pasaje ha de ser muy veloz y el catalizador debe ser calentado previamente a unos 500°C. En lugar de oxígeno, de ordinario se emplea directamente aire. La temperatura necesaria a la prosecución de la reacción, la proporciona el calor desprendido en la misma:

$$2\,NH_3 + 4\,O_2 \longrightarrow 2\,HNO_3 + 2\,H_2O + 161.000 \text{ calorías.}$$

Ya que es esta una reacción exotérmica y se parte de un compuesto obtenido por otra reacción igualmente exotérmica, resulta explicable que este procedimiento de obtención del ácido nítrico, haya desplazado casi totalmente al de la síntesis del óxido nítrico. Sin embargo, en la transformación del amoníaco en ácido nítrico, por oxidación, hay siempre simultánea formación de *nitrógeno elemental*; lo que resulta sensible pérdida.

Por otra parte, es preocupación constante en procesos catalíticos, el cuidado del catalizador; debe evitarse la presencia de impurezas en los gases que reaccionan, ya que muchas de ellas (azufre, selenio, teluro, fósforo, arsénico, óxido de carbono), obran como venenos de aquel y aunque actúen en cantidades mínimas, llegan a inutilizar muy pronto su acción.

Los mencionados procesos, adquirieron un extraordinario desarrollo durante la guerra mundial le 1914-18, a raíz de que por el bloqueo de Europa, estaba impedido el arribo del nitro con que se preparaba la pólvora.

Pueden mencionarse otras formas de captación del nitrógeno, que significan a su vez, síntesis indirecta del amoníaco. Así, la obtención de la cianamida de calcio, $N \equiv C - N = Ca$, que fué preparada por vez primera por Meyer (1878). Es menester en la reacción, empleo de temperatura elevada, superior a 1000°C; aunque una vez iniciada se propaga a toda la masa en reacción. Polzenius, consigue efectuar la reacción entre 400 - 500°C, mezclando carburo de calcio pulverizado, con cloruro de calcio fuertemente calcinado; éste parece actuar de catalizador, haciendo que la reacción se produzca a temperatura mucho más baja que lo normal. Sobre la mezcla calentada en la proximidad de 500°C, actúa el nitrógeno y la operación se desarrolla en un horno de túnel, ideado por dicho autor.

Como materias primas se emplean: carburo de calcio, (lo que supone un enlace con la fábrica de este producto) y nitrógeno del aire líquido fraccionado. Obtenida la cianamida de calcio, se procede a su descomposición con vapor de agua, en dispositivo adecuado; se tiene pues,

a) formación de la cianamida:

$$\left.\begin{matrix} C \\ \| \\ C \end{matrix}\right\rangle Ca + N_2 \longrightarrow N \equiv C - N = Ca + C;$$

b) descomposición de ésta por el vapor de agua:

$$N \equiv C - N = Ca + 3\,H_2O \longrightarrow CO_3Ca + 2\,NH_3$$

Otro importante producto industrial, desde el punto de vista de la captación del nitrógeno atmosférico, lo constituye el nitruro de aluminio; que puede convertirse en amoníaco, por hidrolisis. Serpeck encontró, tras numerosas tentativas, que el óxido alumínico (Al_2O_3), en presencia de hierro como agente catalítico, reaccionaba con carbón y nitrógeno entre 1500 - 1600°C, para dar nitruro de aluminio y óxido de carbono:

$$Al_2O_3 + 3\,C + N_2 \longrightarrow 2\,N\,Al + 3\,CO$$

El nitruro formado, en presencia de agua hirviente, se descompone en amoníaco e hidróxido de aluminio:

$$N\,Al + 3\,HO \longrightarrow Al(OH)_3 + NH_3$$

La ventaja del proceso, radica en que no sólo se obtiene amoníaco sino también hidróxido de aluminio, que es precioso material en la metalurgia del aluminio. Se realiza industrialmente, la formación del nitruro de aluminio, en un horno eléctrico con resistencia de grafito, en cuyo interior se dispone una mezcla granular de alúmina y carbón; mediante una tubería de carbón, se insufla gas de gasógeno (mezcla de óxido de carbono y nitrógeno).

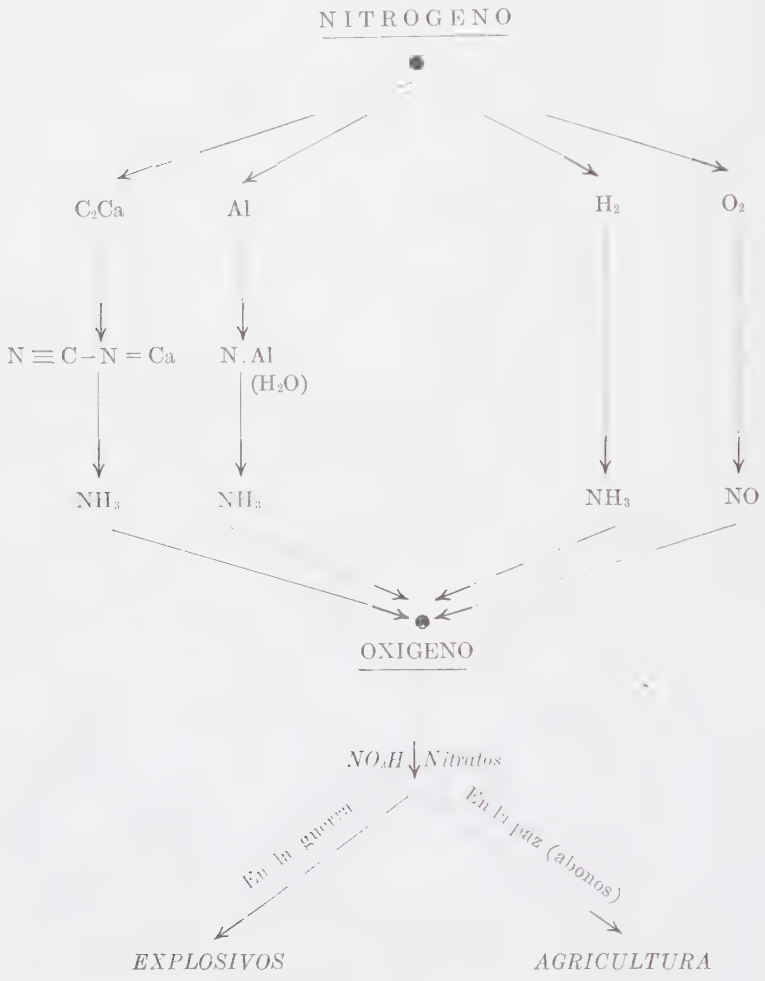
La mayor parte del ácido nítrico y amoníaco obtenidos industrialmente, son convertidos respectivamente, en *nitratos y sales amoniacales*; productos éstos que se aplican en agricultura como fertilizantes a base de nitrógeno. Acido nítrico es igualmente empleado en la industria de los explosivos para la preparación de nitroglicerina (tri-nitrato de glicerilo); algodón pólvora (nitrato de celulosa); pólvora sin humo y dinamita (disolución de algodón pólvora y nitroglicerina en acetona y posterior evaporación del disolvente); T. N. T. (tri-nitro tolueno); ácido pícrico (fenol nitrado); amatol (asociación de T. N. T. y nitrato de amonio); etc. Además en base al nitrato de potasio, se prepara la pólvora negra; mezcla de 75 % de nitrato, 15 % de carbón vegetal y 10 % de azufre.

Por la explosión de estas sustancias, ocurre profunda descomposición y liberación de *nitrógeno elemental*; lo que significa, como se ha dicho, una pérdida sensible para los procesos de captación.

La industria de las materias colorantes, consume también apreciable cantidad de ácido nítrico.

En forma gráfica, se resumen a continuación los procesos de captación del nitrógeno atmosférico y la conversión de éste en ácido nítrico.

La beneficiosa influencia que ejercen los nitratos sobre las plantas, es conocida desde hace tiempo. Existe experimentación al respecto, conducida con todo rigor científico y los datos numéricos obtenidos son elocuentes.



La adición de nitrato, siempre que no falten otros elementos indispensables como el fósforo, potasio, calcio y magnesio, produce una vigorosa reacción en el vegetal, que se traduce en el aumento de la producción.

A manera de ilustración, transcribimos los resultados de una experiencia realizada por Hellriegel y Wilfarth, sobre una graminacea (cebada Chevalier). M. Soave, Chimica Vegetale e Agraria; V I, p. 289 (1921).

Peso de nitrato de calcio empleado	Peso total de sustancia obtenida (desecada)	Número de semillas	Peso medio de cada semilla
0,000 g	0,415 g	3	14,8 mg
0,000	0,508	8	14,7
0,164	2,995	43	24,2
0,328	5,594	78	27,9
0,656	10,805	124	32,8
0,984	16,338	194	31,8
1,312	21,074	263	30,8
1,968	29,343	306	33,9

Se ha pretendido ofrecer en este resumen, una visión panorámica de la disertación, la que fué ilustrada con esquemas de aparatos, datos numéricos y fotografías que demostraron de manera palmaria, la influencia del nitrógeno sobre los vegetales.

EL NIVEL DE LAS «MÁS ALTAS CRECIDAS ORDINARIAS» DEL RÍO PARANÁ

PROCEDIMIENTO PARA SU DETERMINACIÓN

POR

LUIS TOSSINI

(*Conclusión* *)

Debemos aclarar, además, que los datos estadísticos utilizados en nuestras operaciones son las alturas máximas observadas en cada uno de los ciclos o años hidrológicos que empiezan el 1º de agosto y terminan el 31 de julio del año calendario sucesivo. Por esta razón, las alturas que figuran en la tabla 1ª (*a*) utilizadas en las operaciones que describimos, en parte no concuerdan con las que figuran, como máximas anuales, en los registros de la Repartición mencionada. Estas alturas no corresponden, en su totalidad, a la mayor de las ondas comprendidas en un ciclo hidrológico anual, así como no todas son alturas máximas, o sea, de culminación de una onda de crecida.

En los cuadros (*b*) (*c*) (*d*) de la tabla 1ª figuran los resultados de las operaciones que hemos ejecutado para calcular la altura de las más altas crecidas ordinarias en base de series undecenales de alturas máximas anuales, en armonía con nuestro razonamiento del capítulo anterior. Para cada uno de los ciclos undecenales considerados, se ha calculado la «altura o nivel medio de crecidas», y las alturas correspondientes a los límites superior e inferior de las crecidas ordinarias, que denominamos «más altas crecidas ordinarias» y «más bajas crecidas ordinarias», respectivamente.

Estas denominaciones están reemplazadas, en los cuadros de referencia, con las letras *N M C, M A C O* y *M B C O,* que utilizamos como símbolos provisorios, a falta de otros definitivos establecidos por autoridad científica competente.

* Ver Entrega anterior.

TABLA 1ª

ALTURAS MÁXIMAS ANUALES

Año hidrológico: 31 *de Julio a* 1º *de Agosto del año calendario sucesivo*

(*a*)

Año hidrológico	Altura máxima m	Año hidrológico	Altura máxima m	Año hidrológico	Altura máxima m	Año hidrológico	Altura máxima m	Año hidrológico	Altura máxima m
1883-1884	3,97	1895-1896	4,28	1907-1908	4,50	1919-1920	4,42	1931-1932	4,70
1884-1885	4,22	1896-1897	5,02	1908-1909	3,94	1920-2921	4,92	1932-1933	4,27
1885-1886	4,05	1897-1898	3,95	1909-1910	3,60	1921-1922	4,54	1933-1934	2,86
1886-1887	3,56	1898-1899	4,34	1910-1911	2,70	1922-1923	4,37	1934-1935	3,70
1887-1888	3,57	1899-1900	4,44	1911-1912	4,96	1923-1924	3,80	1935-1936	4,36
1888-1889	4,70	1900-1901	4,20	1912-1913	4,04	1924-1925	2,89	1936-1937	3,47
1889-1890	4,25	1901-1902	4,07	1913-1914	4,21	1925-1926	4,30	1937-1938	3,76
1890-1891	4,80	1902-1903	4,19	1914-1915	4,14	1926-1927	3,65	1938-1939	3,12
1891-1892	4,98	1903-1904	4,12	1915-1916	3,25	1927-1928	4,12	1939-1940	4,22
1892-1893	3,90	1904-1905	6,21	1916-1917	2,94	1928-1929	5,18	1940-1941	4,26
1893-1894	3,50	1905-1906	4,64	1917-1918	3,29	1929-1930	4,33	1941-1942	4,45
1894-1895	4,70	1906-1907	4,16	1918-1919	4,18	1930-1931	4,90	1942-1943	3,88

TABLA 1ª (*Continuación*)

NIVELES MEDIOS DE CRECIDA POR PROMEDIOS SUCESIVOS DE ALTURAS MÁXIMAS ANUALES

(*Series cíclicas undecenales*)

(*b*)

Número de orden	Período de observaciones (años)		Alturas máximas anuales			Alturas máximas mayores que NMC			Alturas máximas menores que NMC		
	Indicación	Duración	Número de alturas	Suma	Promedios (NMC)	Número de alturas	Suma	Promedios (MACO)	Número de alturas	Suma	Promedios (MBCO)
				m	m		m	m		m	m
1	Agosto 1883-Julio 1893	10	10	42,00	4,200	5	22,95	4,590	5	19,05	3,810
2	Agosto 1893-Julio 1905	12	11	46,81	4,255	5	22,78	4,556	6	24,03	4,005
3	Agosto 1905-Julio 1917	12	11	44,38	4,035	7	30,65	4,379	4	13,73	3,432
4	Agosto 1917-Julio 1928	11	11	44,48	4,044	7	30,85	4,407	4	13,63	3,407
5	Agosto 1928-Julio 1939	11	11	44,65	4,060	6	27,74	4,623	5	16,91	3,382
	Sumas.....	.....	.....	.....	20,594	.....	.....	22,555	.....	.....	18,036
	Valores medios.....	.....	.....	.....	4,119	.....	.....	4,511	.....	.....	3,607

TABLA 1ª (*Continuación*)

ERRORES MEDIOS DEL PROMEDIO DE LAS CINCO DETERMINACIONES

(*c*)

Núm. de orden	Alturas de MACO		Diferencias	
	Parciales cm	Promedio cm	δ cm	δ^2 cm²
1	459,0		— 7,9	62,4
2	455,6		— 4,5	20,3
3	437,9	451,1	+13,2	171,6
4	440,7		+10,4	108,2
5	462,3		—11,2	125,4
S =	2255,5		0,0	487,9

$$e = \pm \sqrt{\frac{488}{4}} = \pm \sqrt{122} = \pm 11{,}0 \text{ cm.}$$

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\frac{488}{5 \times 4}} = \pm \sqrt{24} = \pm 4{,}9 \text{ cm}$$

ERRORES MEDIOS DE CADA UNA DE LAS CINCO DETERMINACIONES

(*d*)

Núm. de orden	Períodos de obervaciones	Número de		Alturas de MACO cm	Diferencia $\Sigma \delta^2$ cm²	Errores	
		años	alturas máxs.			$m = \pm\sqrt{\frac{\Sigma \delta^2}{n-1}}$ cm	$\mu = \pm\sqrt{\frac{\Sigma \delta^2}{n(n-1)}}$ cm
1	1883-1893	10	5	459,0	4608	34,0	15,2
2	1893-1905	12	5	455,6	3723	30,5	13,5
3	1905-1917	12	7	437,9	6689	33,4	12,6
4	1917-1928	11	7	440,7	4278	26,7	10,1
5	1928-1938	11	6	462,3	6725	36,7	15,0

Nota: En estos cálculos se han eliminado las alturas máximas correspondientes a los años hidrológicos 1904-1905 y 1910-1911, iguales, respectivamente, a 6,21 m y 2,70 m, por considerárselos de carácter excepcional.

Los resultados de las cinco determinaciones han sido promediados, al final, para llegar al valor más probable de cada uno de los niveles arriba descritos, como se indica en el cuadro (*b*) de la misma tabla. La altura o « nivel medio de crecidas » resulta, así, igual a 4,12 m; la de las « más altas crecidas ordinarias » igual a 4,51 m y la de las « más bajas crecidas ordinarias » igual a 3,61 m.

Esta última operación está fundada especialmente, en los resultados obtenidos de las operaciones indicadas en el cuadro (*d*) de la misma tabla 1ª, resultados que representan los errores medios relativos a cada una de las determinaciones efectuadas de la altura de las « más altas crecidas ordinarias ». Estos errores medios acusan diferencias relativamente escasas — teniendo en cuenta el carácter de estas operaciones — y de este hecho deducimos que los índices o grados de precisión de las cinco determinaciones son aproximadamente iguales. Los resultados finales que figuran en el cuadro (*b*) ya mencionado, han sido calculados, pues, de conformidad con el postulado de Gauss, que establece la condición de la igualdad en el grado de precisión de los distintos valores observados de una magnitud, para que el promedio aritmético de estos valores represente el valor más probable de la misma.

Los resultados de las cinco determinaciones son — además — muy concordantes, como que la desviación máxima relativa al promedio es de 13,2 cm (ver cuadro (*c*)). Esta concordancia constituye una prueba razonable de que el período de 11 ó 12 años, representa, efectivamente, un ciclo del régimen del río Paraná, ciclo al cual obedece la variación de la magnitud de las crecidas. Esto no significa que la altura máxima de crecida varía en concordancia con la actividad solar, ni que los valores máximos y mínimos de los « números relativos de Wolf » coinciden con los valores máximos y mínimos, respectivamente, de las alturas máximas anuales. De la concordancia constatada deducimos, simplemente, que las alturas máximas anuales de cada período undecenal forman un ciclo completo, vale decir que su promedio aritmético da un valor muy aproximado de la altura media de crecidas, correspondiente a un largo período de observaciones.

Por último, se han calculado los errores medios relativos a la altura de las *M A C O* dada por el promedio de los resultados hallados en las cinco determinaciones parciales. En el cuadro (*c*)

se indican las operaciones correspondientes y los resultados; el error medio e relativo a una determinación resulta igual a 11 cm, y el error medio ε relativo al promedio resulta igual a 4,9 cm. En resumen, la altura de las « más altas crecidas ordinarias » del río Paraná, referida al cero del hidrómetro de Rosario, está calculada en 4,51 m, con un error en más o en menos que no alcanza a 5 centímetros.

Para mayor claridad de esta exposición, deseamos explicar brevemente qué es lo que representan los « errores » calculados que acabamos de referir. Las fórmulas utilizadas en este cálculo dicen, desde luego, que el empleo del vocablo es apropiado y que los valores hallados miden el grado de aproximación de las determinaciones efectuadas; pero no debe entenderse que con estos « errores » se ha pretendido relacionar — por un índice o grado de aproximación — el resultado de las operaciones ejecutadas, con la altura real o verdadera de las *M A C O*. La definición de esta altura constituye, por sí sola, un problema, como que, en general, el carácter de « ordinario » o « normal » en los regímenes fluviales, no está definido, hasta hoy, de una manera precisa y categórica, y con referencia al régimen de nuestros ríos, así su identificación con promedios de alturas, como su definición basada en una relación de frecuencias, son igualmente arbitrarias.

En este estudio hemos adoptado la definición de la altura de las *M A C O* por el segundo promedio de alturas máximas anuales, considerando que la determinación de esa altura por una curva de frecuencia habría dado un resultado nada satisfactorio. Es evidente que las 56 alturas máximas anuales de que se dispone no pueden dar — en su diagrama de frecuencias — una representación suficientemente aproximada de la distribución respectiva.

El error de 4,9 cm que hemos hallado constituye, pues, simplemente, un índice de la regularidad del fenómeno de las crecidas del río Paraná, y una medida del grado de aproximación alcanzado en la determinación de la altura de las *M A C O*, de acuerdo con la definición establecida para estas operaciones.

IV. — METODO DE LOS PROMEDIOS SUCESIVOS DE ALTURAS MAXIMAS ANUALES, POR SERIES INDEFINIDAS

Si se hacen dos promedios sucesivos de todas las alturas máximas anuales del período de observaciones, es decir, si se opera sobre una sola serie formada por todos los datos estadísticos utilizables, se obtienen resultados aproximadamente iguales. pero no necesariamente idénticos, a los que se obtienen por el procedimiento de las determinaciones parciales que se ha explicado en el capítulo anterior. La comparación de los resultados hallados por los dos procedimientos, y el análisis de los errores medios correspondientes pueden proporcionar un elemento de juicio muy útil para juzgar con respecto al grado de aproximación de la determinación efectuada.

En la tabla 2ª figuran los resultados de las operaciones ejecutadas para calcular la altura de las *M A C O* según el procedimiento que acabamos de indicar. Se han efectuado nueve determinaciones, que corresponden a nueve diferentes períodos de observaciones que empiezan, todos, con el año hidrológico 1883-84 y tienen la duración de 16, 21, 26, 31, 36 41, 46, 51 y 56 años. Los resultados obtenidos de las operaciones ejecutadas sobre la serie correspondiente al período completo de observaciones (56 años) acusan diferencias apenas apreciables con los resultados finales indicados en el capítulo anterior, como se ve en el cuadro siguiente:

	NMC	MACO	MBCO
Cuadro (*b*) de la tabla 1ª.....	4,12 m	4,51 m	3,61 m
Cuadro (*a*) de la tabla 2ª (renglón 9).....	4,12 m	4,48 m	3,59 m

Los resultados de las otras determinaciones de la tabla 2ª no son comparables con los de la tabla 1ª, en razón de que los respectivos períodos de observaciones no se corresponden. Pero pueden compararse los errores medios relativos a las distintas determinaciones de los dos procedimientos, para obtener el elemento de juicio a que aludimos más arriba. Con este fin, se han calculado — para cada una de las determinaciones efectuadas — los errores medios relativos a la altura de las *M A C O* que figuran en el cuadro (*b*) de la tabla 2ª.

TABLA 2ª

Niveles medios de crecidas por promedios sucesivos de alturas máximas anuales

(Series indefinidas)

(a)

Núm. de orden	Períodos de observaciones	Número de		Alturas máximas anuales		Alturas máximas mayores que NMC			Alturas máximas menores que NMC		
		Años	Alturas	Suma m	Promedio (NMC) m	Alturas	Suma m	Promedio (MACO) m	Alturas	Suma m	Promedio (MBCO) m
1	Julio 1883-Agosto 1899	16	16	67,79	4,237	8	37,07	4,634	8	30,72	3,840
2	Julio 1883-Agosto 1904	21	21	88,81	4,229	9	41,51	4,612	12	47,30	3,940
3	Julio 1883-Agosto 1909	26	25	106,05	4,242	11	50,65	4,604	14	55,40	3,957
4	Julio 1883-Agosto 1914	31	29	122,86	4,237	12	55,61	4,634	17	67,25	3,955
5	Julio 1883-Agosto 1919	36	34	140,66	4,137	19	84,91	4,469	15	55,75	3,717
6	Julio 1883-Agosto 1924	41	39	162,71	4,172	21	94,86	4,517	18	67,85	3,770
7	Julio 1883-Agosto 1929	46	44	182,85	4,156	24	108,50	4,521	20	74,35	3,717
8	Julio 1883-Agosto 1934	51	49	203,91	4,161	27	122,54	4,538	22	81,37	3,700
9	Julio 1883-Agosto 1939	56	54	222,32	4,117	32	143,44	4,482	22	78,88	3,585

TABLA 2ª (*Continuación*)

ERRORES MEDIOS CORRESPONDIENTES A CADA UNA DE LAS DETERMINACIONES DEL NIVEL DE LAS MACO

(*b*)

Núm. de orden	Períodos de observaciones	Altura de las MACO cm	Núm. de años	Núm. de alturas	Diferencias $\Sigma\,\delta^2$ cm²	$m = \pm\sqrt{\frac{\Sigma\,\delta^2}{n-1}}$ cm	$\mu = \pm\sqrt{\frac{\Sigma\,\delta^2}{n(n-1)}}$ cm
1	Agosto 1883-Julio 1899	463,4	16	8	6643	± 30,8	± 10,9
2	Agosto 1883-Julio 1904	461,2	21	9	6974	± 29,5	± 9,8
3	Agosto 1883-Julio 1909	460,5	26	11	7100	± 26,6	± 8,1
4	Agosto 1883-Julio 1914	463,4	31	12	8262	± 27,4	± 7,9
5	Agosto 1883-Julio 1919	446,9	36	19	17200	± 30,9	± 7,1
6	Agosto 1883-Julio 1924	451,7	41	21	16881	± 29,0	± 6,3
7	Agosto 1883-Julio 1929	452,1	46	24	23019	± 31,6	± 6,4
8	Agosto 1883-Julio 1934	453,8	51	27	24382	± 30,6	± 5,9
9	Agosto 1883 Julio 1939	448,2	56	32	30221	± 31,2	± 5,5

De estos errores medios, y de los que se calcularon para los resultados hallados en el procedimiento descripto en el capítulo anterior, se hará, al final, un análisis comparativo, que permitirá extraer conclusiones en mérito al grado de precisión de los dos procedimientos, y a la conveniencia de adoptar uno u otro, en la solución del problema de que se trata.

Pero entretanto hacemos observar que el error medio relativo a la determinación basada en la serie de 54 alturas máximas (período completo de las observaciones registradas) es de 5,5 cm, superior al error medio relativo al promedio de cinco determinaciones basadas en series cíclicas undecenales, que resultó igual a 4,9 cm, como se ha visto en el capítulo anterior.

V. — METODO DE LOS PROMEDIOS SUCESIVOS DE ALTURAS DIARIAS

Los resultados del método de los promedios sucesivos de alturas diarias, indicado esquemáticamente en el gráfico (*b*) de la lám. 2ª, figuran en el cuadro (*b*) de la tabla 3ª. Por este procedimiento se han efectuado cinco determinaciones de las alturas de « Aguas medias », de « Más altas aguas ordinarias », de « Crecidas medias », o « Nivel medio de crecidas », y de « Más altas crecidas ordinarias ». Para las dos primeras definiciones empleamos los símbolos *N A M* y *M A A O* que se utilizan desde hace años en las Reparticiones oficiales y para las dos últimas los símbolos *N M C* y *M A C O* que hemos adoptado expresamente, como se explicó en párrafos anteriores.

Para estas operaciones hemos utilizado el principio de los momentos, haciendo el producto de las frecuencias correspondientes a cada intervalo de alturas (de 0,20 m de amplitud) por la altura central de cada intervalo, y dividiendo la suma de los productos por la suma de las frecuencias. Las cinco determinaciones corresponden a cinco períodos de observaciones, coincidentes con los cinco ciclos solares comprendidos en el período de las observaciones registradas, de manera que los resultados obtenidos pueden compararse directamente con los de la tabla 1ª que se han obtenido operando sobre series de alturas máximas anuales. Por último se han promediado los resultados de las cinco determinaciones, y se han obtenido para los cuatro niveles arriba indicados los valores que se

TABLA 3ª

NIVELES DE AGUAS ORDINARIAS Y NIVELES MEDIOS DE CRECIDA, POR PROMEDIOS SUCESIVOS DE ALTURAS DIARIAS

(*Series correspondientes a ciclos undecenales*)

(*a*)

Núm. de orden	Períodos de observ. (años)		Alturas diarias			Alturas diarias mayores que NAM			Alturas diarias mayores que MAAO			Alturas diarias mayores que NMC		
	Indicación	Duración	Número	Suma m	Promedio (NAM) m	Número	Suma m	Promedio (MAAO) m	Número	Suma m	Promedio (NMC) m	Número	Suma m	Promedio (MACO) m
1	1883-1893	10	3653	9231,7	2,53	1879	6633,7	3,53	929	3806,5	4,10	466	2040,5	4,379
2	1893-1905	12	4382	11421,4	2,60	2297	8515,5	3,70	1220	5177,0	4,24	495	2325,9	4,699
3	1905-1917	12	4383	10473,9	2,39	2240	7835,4	3,50	1058	4312,7	4,08	459	2055,5	4,478
4	1917-1928	11	4018	10844,2	2,70	2192	7218,0	3,76	1073	4569,8	4,26	524	2383,0	4,548
5	1928-1939	11	4017	10220,1	2,54	2268	7980,2	3,52	1090	4476,6	4,10	491	2206,5	4,493
	Sumas		.....	.....	12,76	.....	.....	18,00	.....	.....	20,78	.....	.....	22,597
	Valores medios		.....	.....	2,552	.....	.....	3,600	.....	.....	4,156	.....	.....	4,519

TABLA 3ª (*Continuación*)

CÁLCULO DE LOS ERRORES MEDIOS

(*b*)

Resultados		Valor medio	δ	δ²
Determ.	MACO cm	cm	cm	cm²
1ª	437,9		+ 14,0	196
2ª	469,9		— 18,0	324
3ª	447,8	451,9	+ 4,1	17
4ª	454,8		— 2,9	8
5ª	449,3		+ 2,6	7
	2259,7			552

$$m = \pm \sqrt{\frac{552}{4}} = \pm \sqrt{138} = \pm 11{,}7 \text{ cm}$$

$$u = \pm \sqrt{\frac{552}{5 \times 4}} = \pm \sqrt{28} = \pm 5{,}3 \text{ cm}$$

COMPARACIÓN
(RESULTADOS DE LA TABLA 1ª)

(*c*)

Número de orden	Períodos de observacones	MBCO m	NMC m	MACO m
1	1883-1893	3,81	4,20	4,59
2	1893-1905	4,01	4,26	4,56
3	1905-1917	3,43	4,04	4,38
4	1917-1928	3,41	4,04	4,41
5	1928-1939	3,38	4,06	4,62
	Sumas	18,04	20,60	22,56
	Promedios ...	3,608	4,120	4,512

Nota: El nivel de las MBCO se identifica con el de las MAAO como se ha explicado en el texto, y representado en los esquemas de lám. 2ª.

expresan a continuación: *NAM*: 2,55 m; *MAAO*: 3,60 m; *NMC*: 4,16 m; *MACO*: 4,52 m.

Estos resultados (sin tomar en consideración el que figura en primer término) difieren muy poco de los que están consignados en el capítulo anterior, y que se obtuvieron en base a promedios de alturas máximas anuales, siguiendo dos procedimientos distintos. Esto podría interpretarse como una prueba de que entre el método basado en promedios sucesivos de alturas diarias, y el que consiste en promedios sucesivos de alturas máximas anuales no existe una diferencia substancial, y que los respectivos resultados deben coincidir, o ser aproximadamente iguales. La conclusión, sin embargo, no es de carácter absoluto, lo que se deduce de la comparación de los resultados correspondientes a las distintas determinaciones, que presentan — como puede verse en el cuadro que damos a continuación — diferencias muy grandes.

NIVELES CARACTERISTICOS DE CRECIDA

Comparación de resultados hallados por distintos métodos

PERIODO DE OBSERVACIONES	PROM. DE ALTURAS DIARIAS				PROM. DE ALTURAS MAXIMAS ANUALES		
	NAM	MAAO	NMC	MACO	MBCO	NMC	MACO
	M	M	M	M	M	M	M
Agosto 1883-Julio 1893	2,53	3,53	4,10	4,38	3,81	4,20	4,59
Agosto 1893-Julio 1905	2,60	3,70	4,24	4,70	4,01	4,26	4,56
Agosto 1905-Julio 1917	2,39	3,50	4,08	4,48	3,43	4,04	4,38
Agosto 1917-Julio 1928	2,70	3,75	4,26	4,55	3,41	4,04	4,41
Agosto 1928-Julio 1939	2,54	3,52	4,10	4,50	3,88	4,06	4,62
SUMAS	12,76	18,00	20,78	22,61	18,04	20,60	22,56
PROMEDIOS	2,55	3,60	4,16	4,52	3,61	4,12	4,51

El examen comparativo de estos resultados permite extraer las conclusiones siguientes:

1º — El cálculo de las alturas correspondientes a niveles característicos de crecidas, por procedimientos basados en series de alturas diarias y en series de alturas máximas anuales, da resultados aproximadamente iguales, siempre que el período de observaciones abarque por lo menos cinco ciclos solares (56 años).

2º — La coincidencia o concordancia de estos niveles está supeditada a la condición de que en el primero de los procedimientos indicados el nivel de las « más altas aguas ordinarias » corresponda al primer promedio de las alturas mayores que Aguas Medias; y que el segundo y el tercer promedio definan, respectivamente, el « nivel medio de crecidas » y el de las « más altas crecidas ordinarias ».

3º — El nivel de las « más altas aguas ordinarias » del primer procedimiento se identifica con el de las « más bajas crecidas ordinarias » del segundo, y esto está de acuerdo con las explicaciones y definiciones dadas en el primer capítulo de esta monografía, y con la representación esquemática de la lámina 2ª. Este nivel corresponde, pues, al límite o plano de separación entre el campo de las alturas de « Aguas ordinarias o normales » y el de las alturas de las « Crecidas ordinarias o normales ».

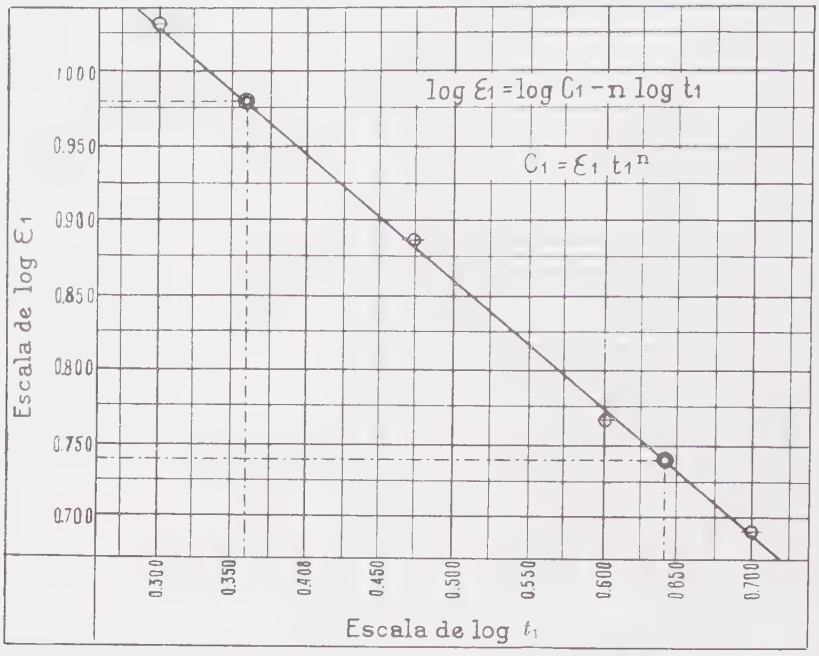
Para completar el estudio del método de que se trata, hemos efectuado el cálculo de los errores medios correspondientes a la altura de las *M A C O*, cálculo que figura en el cuadro (*b*) de la tabla 3ª. El error medio relativo a cada una de las cinco determinaciones efectuadas es de 11,7 cm, y el relativo al promedio de las cinco determinaciones es de 5,3 cm, errores que superan en 0,7 cm y en 0,4 cm, respectivamente, los que se hallaron para la misma altura calculada por el método de los promedios de alturas máximas anuales, que figuran en el cuadro (*c*) de la tabla 1ª.

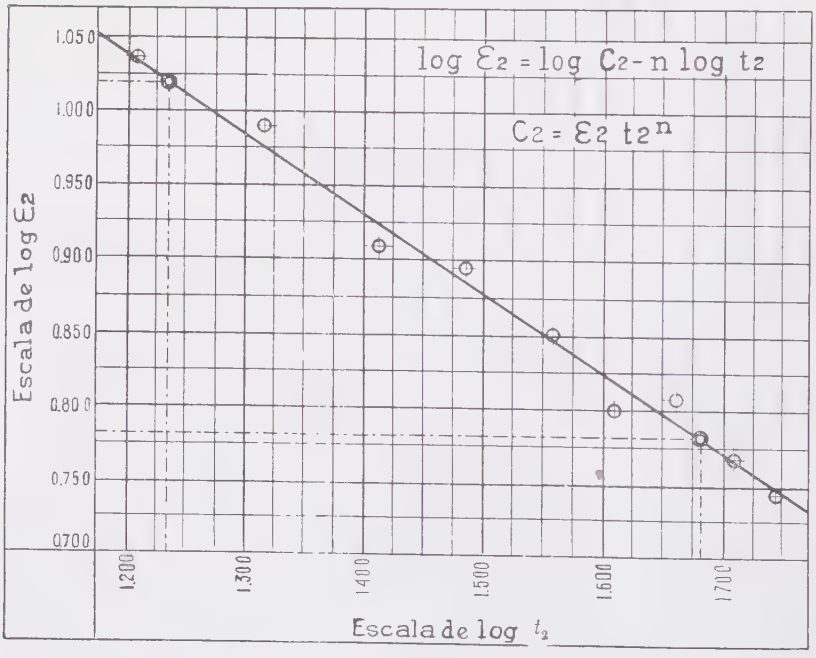
El método de los promedios sucesivos de alturas diarias además de impropio, como se ha demostrado en el capítulo I, es inconveniente al cálculo de la altura de las *M A C O*; las operaciones correspondientes, más largas y complicadas que las del método basado en series de alturas máximas anuales, dan un resultado menos aproximado.

VI. — ANALISIS COMPARATIVO DE LOS ERRORES MEDIOS

La descripción hecha, en los capítulos que anteceden, de los procedimientos empleados para calcular la altura de las *M A C O* y la comparación de los respectivos grados de aproximación han puesto en evidencia que — tanto por razones de sencillez en las operaciones,

Lámina 3ª


log ε1 = log C1 − n log t1
C1 = ε1 t1^n
Escala de log ε1
1.000
0.950
0.900
0.850
0.800
0.750
0.700
0.300
0.350
0.400
0.450
0.500
0.550
0.600
0.650
0.700
Escala de log t1


log ε2 = log C2 − n log t2
C2 = ε2 t2^n
Escala de log ε2
1.050
1.000
0.950
0.900
0.850
0.800
0.750
0.700
1.200
1.300
1.400
1.500
1.600
1.700
Escala de log t2

como por mayor precisión en los resultados — el procedimiento basado en promedios sucesivos de alturas máximas anuales, tomadas en series de once o doce años, es el más conveniente.

Esta conclusión se confirma con los resultados de las operaciones ejecutadas para hallar las leyes según las cuales varían los errores medios relativos a la altura de las *M A C O*, en cada uno de los dos primeros métodos descritos en este estudio, y compararlos luégo, de la mejor manera posible.

Con este fin, se han efectuado los promedios de los resultados (*M A C O*) de dos, tres, cuatro y cinco determinaciones, efectuadas de acuerdo con el primer método (basado en series cíclicas de alturas máximas anuales), y de cada una de estas cuatro operaciones se ha calculado el error medio ε_1, relativo al promedio. Los valores hallados para este error son 10,8 cm, 7,7 cm, 5,8 cm y 4,9 cm.

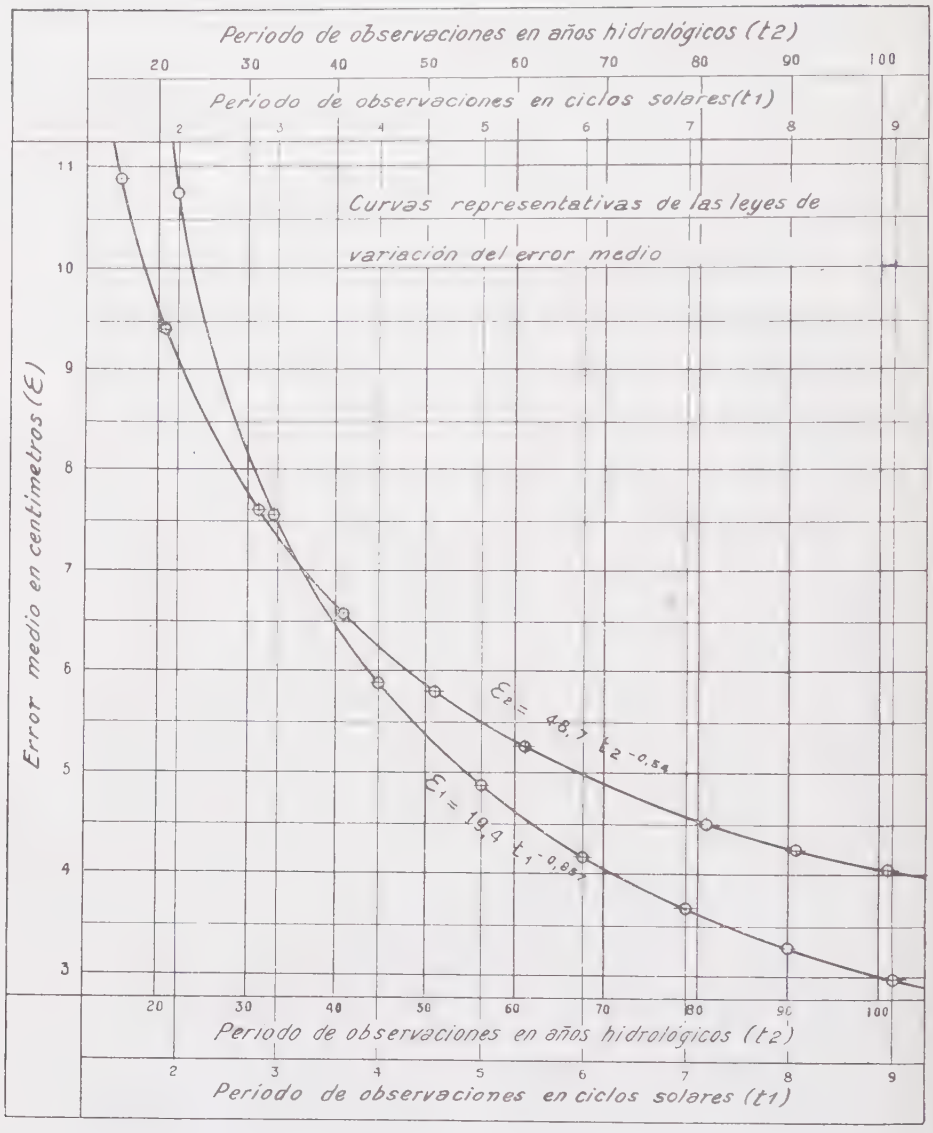
El error medio ε_1, y el número de las determinaciones correspondientes (t_1) están ligados por una ley o relación del tipo $C_1 = \varepsilon_1 t_1^n$, en la cual C_1 es una constante (lám. 3ª). Se han calculado, por un procedimiento analítico y gráfico que se omite, el valor de la constante C_1 y del exponente n, de la variable t_1, que resultan iguales, respectivamente, a 19,4 y —0,857. Con estos elementos se han calculado los valores del error ε_1, para los valores de t_1 ya considerados (de 2 a 5, inclusive) y otros cuatro valores más, hasta 9 inclusive. Con los ocho valores perecuados de la función, se ha trazado la curva politrópica que representa la ley de variación del error medio en función del número de observaciones y determinaciones (cada una correspondiente a un ciclo solar), entre los límites $t_1 = 2$ y $t_1 = 9$ ciclos undecenales, o sea, entre períodos de observaciones iguales a 22 y 101 años.

A estos límites corresponden los valores del error medio, iguales, respectivamente, a 10,73 y 2,96 cm.

Con idéntico procedimiento se ha trazado la curva representativa del error medio relativo a la altura de las *M A C O*, calculadas por el segundo de los métodos descritos, o sea, por el que está basado en series indefinidas de alturas máximas anuales. Los valores de este error medio correspondientes a las distintas determinaciones efectuadas son los que figuran en el cuadro (*b*) de la tabla 2ª.

La unidad de la variable t_2 correspondiente al error ε_2 que se analiza, es el año hidrológico, y los períodos de observaciones considerados son 9, comprendidos entre 16 y 56 años inclusive, crecien-

Lámina 4ª


Período de observaciones en años hidrológicos (t2)
20 30 40 50 60 70 80 90 100
Período de observaciones en ciclos solares(t1)
2 3 4 5 6 7 8 9
Curvas representativas de las leyes de
variación del error medio
Error medio en centímetros (ε)
11 10 9 8 7 6 5 4 3
ε2 = 48,7 t2 -0,54
ε1 = 19,4 t1 -0,85
Período de observaciones en años hidrológicos (t2)
Período de observaciones en ciclos solares (t1)

tes de 5 en 5 años. El valor de la constante C_2 resulta igual a 48,7 y el del exponente n, igual a —0,54. Con los diez valores de ε_2 calculados en base a estos elementos se ha trazado la curva representativa de su variación, entre los límites $t_2 = 16$ años y $t_2 = 101$ años, a los cuales corresponden valores del error medio iguales a 10,90 cm y 4,03 cm respectivamente.

El gráfico de la lámina 4ª que representa las dos curvas descritas, referidas a un mismo sistema de ejes coordenados, nos permite hacer la comparación de estas curvas y deducir las consecuencias que se exponen a continuación:

1º — Los errores medios de las alturas correspondientes a las *M A C O*, calculadas por los métodos basados en series cíclicas y series indefinidas de alturas máximas anuales, varían según leyes parecidas, y el error medio correspondiente al primero de los métodos indicados disminuye más rápidamente, con el aumento del período de observaciones.

2º — La altura de las *M A C O* se obtiene con un grado de aproximación mayor, efectuando una sola determinación en base a la serie completa de las alturas máximas anuales registradas, cuando el período de observaciones no alcanza, en duración, a cuatro ciclos solares (45 años); y efectuando determinaciones parciales por series cíclicas undecenales, cuando el período de observaciones es igual, o superior, en duración, a cuatro ciclos solares.

Buenos Aires, octubre de 1943.

DISCURSO DEL ING° NICOLAS BESIO MORENO EN REPRESENTACION DE LA SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA EN EL ACTO DEL SEPELIO DEL ING° DOMINGO SELVA

1870 - 1944

Asistimos, señores, al final de una gran vida fructuosa, la vida alta espiritual del ingeniero Domingo Selva.

La Sociedad Científica Argentina, trae por mi voz, a este doloroso instante, el homenaje afectuoso de lo que fuera para Domingo Selva un hogar universitario permanente, desde hace medio siglo.

No termina la obra de Selva porque su mente haya declinado un solo punto de sus mejores días; no termina porque su espíritu haya perdido el vuelo audaz que siempre lo animó; no porque sus fuerzas físicas le abandonaran en incesante declinación; no porque ya pudiéramos prescindir de sus luces; no porque cegara su fe en el saber, su fe en la acción, fe en la palabra oral o escrita. Termina su labor porque, la voluntad del sino ha querido sellar, como un hachazo, el fervor incesante de su milicia.

Era Domingo Selva un hombre apasionado y poderoso, de tenacidad febril, y de opinión siempre clara y definida. Firme en la concepción técnica, pertinaz en la tarea, inflexible en la acción, siempre decisivo y franco. Su celeridad en las decisiones, apartaba los obstáculos, tanto que a menudo tenía, como el arrojo, la fuerza del certero rayo.

Su palabra se conocía por la elocuencia de su improvisación oratoria, en la cual la robustez del vocablo, descubría la robustez de la idea.

Domingo Selva marchaba seguro de su mente, pero no de los designios ocultos del porvenir de cuyas asechanzas no sentía el temor ni el asalto o la inesperada agresión. Cuanto para los espíritus endebles, es un freno imperioso, para Selva, no resultaba otro signo que una dificultad más que definir, atacar, y vencer.

Realista y combativo sólo sufría en la inacción y el descanso.

Así trabajó hasta su último suspiro, durante más de medio siglo de labor técnica y organizadora. Sus sueños eran la realidad, pasajera que fuese, y realidad del momento fugitivo.

Alguna vez dije de él — cuando la Sociedad Científica Argentina le entregara una de las medallas de oro que cosechó en abundancia — que Domingo Selva era, en todos los aspectos de su actividad ardiente, el espíritu gobernante. Espíritu por el cual, a los problemas directos de la especialidad y a las soluciones inmediatas de la meditación crítica se sobreponen los intereses generales, las necesidades públicas, el acuerdo de las conveniencias internacionales, el gravamen que sobre el presente impone la previsión del futuro.

En toda la técnica de Domingo Selva se advierten dos faces primeras de intenso carácter: la madurez constructiva del técnico y el grado económico del financista avezado.

La orientación positiva de su mente se vislumbra desde el primer día, pues su proyecto final para obtener el título de ingeniero civil en 1896 versaba sobre un Barrio obrero para mil familias, materia de la más rigurosa actualidad cincuenta años después. Tenía entonces Selva sólo 25 años.

La Sociedad Científica Argentina, le otorgó una primer medalla de oro, hace más de un cuarto de siglo, sobre un tema que en este momento aflije al país, preocupa a los gobernantes, temoriza a las poblaciones y nubla el porvenir patrio: las construcciones antisísmicas para nuestras zonas andinas, que no se ejecutaron como él preconizaba con las pavorosas consecuencias que nos abatieron hace cinco meses en San Juan. Actualmente planeaba un intenso sistema orgánico para evitar las terribles consecuencias de los terremotos en las regiones cordilleranas de América.

Fundador de instituciones civiles, ingeniero proyectista, constructor, planeador, organizador y administrador, Selva también era docente.

Como profesor de enseñanza secundaria, y de las Facultades de Buenos Aires y La Plata, fué Domingo Selva maestro asertivo y convincente, pues se apoyaba en una extensa preparación experimental y razonada, en un amplio sentido de relación, y en la justa medida didáctica que permite al catedrático, provocar en el alumno el máximo aprovechamiento en cada labor escolar del aula.

La audacia de su acción pudo medirse en el Ferrocarril de Buenos Aires a Mendoza y a Puerto Granaderos que alcanzaría a ser puerto ultramarino. Los 50 kilómetros construídos, de ese ferrocarril, lo tuvieron de jefe para los estudios del terreno, para el proyecto, la financiación, la construcción y para la explotación. Pero cuando en abril de 1914 lograba extender dicha financiación a la obra completa, lo sorprendió la guerra mundial de ese año, que sepultó la gran iniciativa.

Si esto fué la energía juvenil, luego brotó la prudencia de la madurez y ésta se manifestó en la administración del vasto organismo de las obras sanitarias nacionales en las que dió solución al problema de los desagües de esta Capital, cuya magnitud a nadie se oculta.

En la Sociedad Científica Domingo Selva, actuó amenudo en la Comisión Directiva, en la Comisión Redactora de los « Anales » de la Sociedad y en la sala de conferencias y la representó vigorosamente en congresos y exposiciones científicas y técnicas. Dentro de pocos meses se debía cumplir el quincuagésimo aniversario del ingreso de don Domingo Selva a nuestra Sociedad Científica Argentina.

Este eminente personaje había publicado 22 folletos, ascendido a diversas tribunas técnicas para exponer su pensamiento especializado, ejecutado numerosísimas obras de arquitectura, y alcanzado el título de profesor honorario de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires.

En la acción directiva universitaria, integró los consejos de las Facultades de ingeniería y de agronomía y veterinaria de Buenos Aires y de ingeniería de La Plata, incorporándose igualmente a los Consejos superiores de ambas universidades.

No hace mucho Domingo Selva, reunía en un « Curriculum vitæ » el resumen de sus actividades públicas y privadas, culturales, docentes y técnicas, y todos quedamos atónitos entonces, ante la variada, extensa y prominente labor que desarrolló en 55 años de actuación. Si larga y pródiga fué su vida, no lo fué menos, o acaso lo fué más, su inmensa, incansable y segura obra, que lo coloca entre los ingenieros más destacados del país.

Publio Virgilio Marón, canta las glorias de Marcelo por boca de Anquises en su divino texto con las frases aladas que nadie tiene en olvido: *Manibus o date lilia plenis.*

Recordémoslas aquí frente a Domingo Selva pero no para elogiar al hijo del héroe virgiliano sino para hacerlo con el héroe mismo que nos abandona:

A manos llenas derramad lirios
y esparcid purpúreas flores.

11 - mayo - 1944.

ALTA CALIDAD UNIFORME

Preferentemente empleados en toda clase de construcciones, tanto el cemento portland "SAN MARTIN", como el cemento portland 'INCOR' de endurecimiento rápido, representan la más firme garantía para realizar obras sólidas, seguras y permanentes.

CALIDAD — SERVICIO — COOPERACION

COMPAÑIA ARGENTINA DE CEMENTO PORTLAND

RECONQUISTA 46 (R. S.) BS. As. ● SARMIENTO 991 - ROSARIO

Empleando un cemento portland de alta calidad se obtiene mejor hormigón

CE - 181

COMPAÑIA DE SEGUROS

La Comercial e Industrial de Avellaneda

SOCIEDAD ANONIMA

Incendio **Cristales**

Avda. Mitre 429 (piso 1°) - Avellaneda — U. T. 22 - 7941 y 22 - 9138

CRISTALERIAS

MAYBOGLAS

Sociedad de Responsabilidad Limitada

CAPITAL $ 1.000.000 m/n

•

ENVASES DE VIDRIO - TUBOS DE VIDRIO

BLOQUES PARA PISOS Y TABIQUES

Escritorio:
Caseros 3121
U. T. 61-0212

Fabrica:
Tabaré 1630
U. T. 61-3800

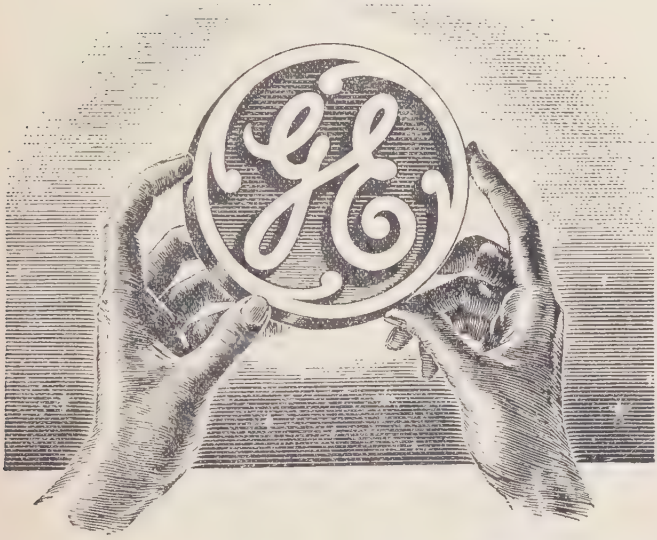
COMPAÑIA DE SEGUROS DE VIDA
SUD AMERICA
Av. R. SAENZ PENA 530 - BUENOS AIRES

La más poderosa y difundida en el pais.

Seguros de Vida en vigor:
$ 389.014.976 m/l.

Reservas Técnicas:
$ 61.852.525 m/l.

Pagados a Asegurados y Beneficiarios desde 1923:
$ 118.849.516 m/l.



MAS QUE UN ESCUDO DE ARMAS

...es este un símbolo de trabajo y de noble calidad, consolidado a través del tiempo y las circunstancias.

Todos los productos que lo ostentan están respaldados por la experiencia y responsabilidad de la organización más grande del mundo en la industria de artículos eléctricos.

GENERAL ELECTRIC
SOCIEDAD ANONIMA

Tucumán 117, Buenos Aires — Corrientes 732, Rosario

COMPAÑIAS ARGENTINAS DE SEGUROS

"LA ESTRELLA" S. A. y "AMERICA"

PARA SUS BIENES ASEGURABLES, LES OFRECEN SUS AMPLIAS GARANTIAS
CIMENTADAS EN SU LARGA TRAYECTORIA DE VIDA ASEGURADORA

Teléfonos:
U. T. 31, 2747 - 2890 - 2727

471 - SAN MARTIN - 475
BUENOS AIRES

S. A. TALLERES METALURGICOS SAN MARTIN

"TAMET"

abarca todos los ramos de la industria del hierro y del acero

Alambres en general	Cacerolas y ollas
Artefactos sanitarios	Columnas para alumbrado
Bulonería y afines	Construcciones industriales
Calderas para calefac.	Construcciones metálicas
Radiadores para calefac.	Galpones y tinglados
Estufas	Chapas de hierro galvanizado lisas y acanaladas
Caños y accesorios	Hierros en general
Clavería y afines	Mecánica especial
Cocinas a gas	Fundición
Cocinas a supergas	Tambores metálicos
Cocinas económicas	etc. etc.
Artículos de fibrocemento	

CHACABUCO 132 • BUENOS AIRES

TALLERES

MARI

SOC. DE RESP. LTDA. Capital $ 160.000 PTE. LUIS SAENZ PEÑA 1835

U. T 23 - 0584 - 5327

TODA MAQUINA PARA LA CONSTRUCCION:

Moledoras - Mezcladoras - Hormigoneras - Guinches Giratorios - Baldes - Canastos, etc.
Elevadores de Materiales - Montacargas Eléctricos - Pescantes, plumas, plataformas, etc.

MECANICA EN GENERAL:

Cualquier Repuesto para Automóviles y para Máquinas Industriales.

Adhesión a la Ssmana de la Ingeniería Argentina

FIRMES como la ROCA

PARA TODAS
SUS FUNDACIONES
Y EN CUALQUIER TERRENO

PILOTES FRANKI ARGENTINA
S. de R. Lda.

Administración:
Avda. Pte. ROQUE SAENZ PEÑA 788 — U. T. 34 - Defensa 4811
BUENOS AIRES

SOCIOS ACTIVOS

Abrines, Héctor Aníbal
Agostini, María Carmen
Albertoni, Juan L.
Albizzati, Carlos M.
Alessi, Juan M.
Alvarez de Toledo, Belisario
Allaria Amézaga, José A.
Allende Lezama, Luciano P.
Amoretti, Alejandro R.
Ancell, Carlos F.
André, Enrique de
Añón Suárez, Vicente
Aparicio, Francisco de
Aragón, José María
Arce, José
Arce, Manuel J.
Ardigó, Dante A.
Arena, Antonio
Arnaudo, Silvio J.
Auderut Barbeito, Arturo
Avila Méndez, Delfín
Bachmann, Ernesto
Bachofen, Elisa B.
Baglietto, Eduardo E.
Baidaff, Bernardo I.
Balbiani, Atilio
Baliani, Luis M.
Bancalari, Agustín
Bandoni, Alfredo J.
Barabino Amadeo, S.
Bardin, Pablo P.
Barral Souto, José
Bascialli, Pablo Carlos
Bazán, Pedro
Becke, Alejandro von der
Benigni, Benigno
Beordi, Manuel A.
Berjman, Elena
Berrino, Juan B.
Bertino, José Carlos
Bertomeu, Carlos A.
Besio Moreno, Nicolás
Bianchi, Domingo A. M.
Bianchi Lischetti, A.
Biggeri, Carlos
Bimbi, José L.
Blanchard, Everard E.
Blaquier, Juan
Blasco, José
Blaser, Florencio
Boaglio, Santiago
Böhtlingk, Heriberto
Bolognini, Héctor
Bonanni, Cayetano A.
Bonello, Roberto
Bontempi, Luis
Bordas, Alejandro F.
Bordenave, Pablo E.
Borzi, Ana María
Bosch, Gonzalo
Bosisio, Anecto J.
Bottaro, Juan C.
Bozzini, Luis (h.)
Briano, Juan A.
Brunengo, Pedro
Buich, Raúl
Bula, Clotilde A.
Buontempo, Guillermo
Burkart, Arturo
Busconi, Estela M.
Busso, Eduardo B.
Butty, Enrique
Buzzo, Alfredo
Caillet Bois, Teodoro
Canale, Humberto
Cánepa, Enrique P.
Capelli, Pedro F.
Capurro, Roberto H.
Carabelli, Juan José
Carbone, Esteban
Carbonell, José J.
Cárcova, Enrique de la
Cárdenas, Emilio F.
Carelli, Humberto H.
Caride Massini, Pedro
Carman, Ernesto
Carniglia, José
Casacuberta, Antonio
Casal, Pedro Segundo
Castellanos, Alberto
Castello, Manuel F.
Castiñeiras, Julio R.
Ceppi, Héctor
Cerri, Italo Américo
Cicchini, Adulio A.
Cimaschi, Enrique O.
Clausen, Enrique G. E.
Clos, Enrique C.
Cock, Guillermo E.
Colina, Bartolomé de la
Colla, Ada Silvia
Comes, Horacio
Coni Bazán, F. A.
Curti, Orlando P.
Curutchet, Luis
Chanourdie, Carlos C.
Chanourdie, Enrique
Chedufau, Edmundo C.
Chizzini Melo, Aníbal F.
D'Ascoli, Lucio
Damianovich, Horacio
Dassen, Rodolfo
Dasso, Ricardo L.
De Cesare, Elías A.
De Fina, Armando L.
Delpech, Simón A.
Demarchi, Alfredo A.
De Michino, Américo F.
De Nardo, Juan B.
Dennler, Jorge
Deulofeu, Venancio
Díaz, Emilio C.
Díaz, Emilio L.
Dickmann, Emilio
Dieulefait, Carlos E.
Di Tella, Torcuato
Doello-Jurado, Martín
Dobranich, Jorge W.
Domínguez, Juan A.
Duarte, Florentino, M.
Dubecq, Raúl E.
Dueñas, José
Duhau, Luis
Dupont, Enrique
Duraffona y Vedia, A.
Durrieu, Mauricio
Escudero, Antonio
Escudero, Pedro
Esperne, Juan
Faré, Santo S.
Farengo, Adolfo P.
Fernández, Alberto J.
Fernández Díaz, A.
Fernández, José S.
Fernández Long, S.
Fernández, Rodolfo P.
Fesquet Alberto E. J.
Figini, Angel
Figuerero, Hernando W.
Fiore, Luis
Flores, Emilio M.
Florit, Carlos J.
Fossa Mancini, E.
Frenguelli, Joaquín
Freude, Ludwig
Fürnkorn, Divico A.
Gadda, Carlos Manuel
Gaffuri, Domingo
Galmarini, Alfredo G.
Gando, Alfredo R.
Gandolfi Herrero, Augusto
Gandolfo, José S.
Gascón, Alberto
Gaspar, Fernando L.
Gatti, Alfredo B.
Gaviña Alvarado, Elías R.
Géneau, Carlos E.
Gerardi, Donato
Ghigliazza, Sebastián
Giagnoni, Bartolomé E.
Giannone, José
Giusti, Leopoldo
González Beaussier, Carlos
González Domínguez, Alberto
González, Juan B.
Gorostiaga, Roberto
Gorriti, Fernando
Gottschalk, Otto
Guerrico, Adolfo O.
Guitarte, Manuel
Gutiérrez Acha, Alfredo
Gutiérrez, Ricardo J.
Herbin, Luis A.
Hermitte, Enrique Martín
Herrera Vegas, M.
Herzer, Bernardo
Hickethier, Carlos F.
Hoebeke, Luis
Hofmann, Herbert
Houssay, Bernardo A.
Hoyo, Arturo
Igartúa, Luis María
Irigoyen, Luis H.
Isella, Carlos
Ivanissevich, Ludovico
Ivanissevich, Oscar
Jauch, Clotilde
Jakob, Cristofredo
Jorge, José M.
Jourde Rollet, Paul C.G.
Kapus, Ervin E.
Kinkelin Pelletán, J. C. de
Knoche, Walter
Kostevitch, Miguel M.
Krapf, E. Eduardo
Labarthe, Julio
Lagunas, Simón
La Menza, Francisco
Lana Sarrate, Casimiro
Laplaza, Florián
Larco, Esteban
Lasso, Alfredo F.
Latzina, Eduardo
Levene, Julio C.
Liebermann, José
Ligniéres, Roberto
Limeses, José
Lizer y Trelles, C. A.
Lobo, Rodolfo
Lóizaga, Niceto S.
Lombardi, Alberto
Llauró, José
Magnin, Jorge
Malloi, Emilio
Mamberto, Benito
Manera, Edmundo
Marcó del Pont, E.
Marchionatto, Juan B.
Marotta, F. Pedro
Marotta, R. Armando
Marseillán, Francisco
Martignone, Eduardo
Martínez Dalke, Luis M.
Martínez, Osvaldo I.
Mazza, Sigfrido C.
Melo, Leopoldo
Méndez, Julio
Meoli, Gabriel
Meoli, Humberto
Mercau, Agustín
Meriggi, Juan C.
Mermoz, Francisco A.
Migone, Luis V.
Molfino, José F.
Molinari, Horacio J.
Molle, Clotilde C.
Montes, Vicente E.
Moragues Bernat, Jaime
Moragues, Miguel
Moreno, Evaristo V.
Morixe, José Bernabé
Mouchet, Enrique
Moyano, Braulio
Mulleady, Ricardo T.
Mundt, Gualterio A.
Murtagh, Juan N.
Nágera, Juan José
Natale, Alfredo
Navarro Viola, Jorge
Negrete, Lucía
Negri, Mario L.
Noya, Rómulo M.

Nürnberg, Zacarías M.
Oglobiin, Alejandro
Olguín, Juan
Olivera, Carlos E.
Oliveri, Alfredo E.
Ortiz, Aníbal A.
Ortiz de Rosas, Jorge
Otamendi, Gustavo
Ottonello, Héctor
Ottonello, Néstor J.
Páez, José María
Page, Franklin Nelson
Paitovi, y Oliveras A
Palacio Posse, Ramón
Palazzo, Pascual
Parel, Clovis A. M.
Parodi, Edmundo
Parodi, Lorenzo R.
Parodi, Raúl
Pasqualini, Clodoveo
Pastore, Franco
Paz Anchorena, José M
Pedace, Eduardo A.
Penazzio, Oscar
Perazzo, Roberto J.
Pérez del Cerro, Carlos A.
Pérez Martínez, Aníbal
Perrone, Cayetano
Pestalardo, Agustín
Pini, Aldo S.
Pistarelli, Julio A.
Plá, Cortés
Platz, Hubert
Polledo, César M.
Portillo, Gregorio A.
Posadas, Carlos
Puchulu, Juan F.
Puente, Francisco de la
Quinos, José Luis
Quiroga, Pedro R.
Raimondi, Alejandro
Ramaccioni, Danilo
Ramallo, Carlos M.
Ranwez, Gustavo
Rathgeb, Alfonso
Ratto, Héctor R.
Raver, Ignacio
Re, Pedro M.
Rebuelto, Emilio
Reece, William Asher
Repetto, Blas Angel
Repossini, José
Rezzani, José María
Rizzoli, Ricardo H.
Roca, Félix
Rodríguez, Miguel
Roffo, Angel H.
Roldán, Raimundo
Rokotnitz, Otto
Rosas, Agustín
Rosauer, Rodolfo E.
Rossell Soler, Pedro
Ruata, Luis E.
Ruiz Moreno, Adrián
Ruiz Moreno, Isidoro
Sabaria, Enrique
Salomón, Hugo
Sampietro, Adolfo D.
Sánchez Díaz, Abel
Sánchez, José Ricardo
Sánchez, Gregorio L.
Sanromán, Iberio
Santángelo, Rodolfo
Santos Rossell, Carlos
Saralegui, Antonio M.
Sarrabayrouse, Eugenio
Savastano, Julio
Savon, ,Marcos A.
Schleich, Bernardo E.
Schnack, Benno J.
Schneider, Otto
Schulz, Guillermo
Selzer, Samuel
Sesma, Angel
Sheahan, Juan F.
Simonoff, Miguel
Simons, Hellmut
Siri, Luis
Sirotzky, David
Sisto, Emilio E.
Sobral, Arturo
Solari, Emilio F.
Solari, Miguel A.
Soler, Frank L.
Somonte, Eduardo
Sordelli, Alfredo
Spinetto, David J.
Spota, Víctor J.
Stoop, Arnoldo
Storni, Segundo R.
Storni, Carlos D.
Tarragona, José
Tello, Eugenio
Tomasello, Juan F.
Torre Bertucci, Pedro
Tossini, Luis
Trelles, Rogelio A.
Trucco, Sixto E.
Turdera, Raúl D.
Valeiras, Antonio
Valentini, Argentino
Valentinuzzi, Máximo
Vallebella, ,Colón B.
Vallejo, Segundo E.
Vanossi, Reinaldo
Vaquer, Antonio
Varela Gil, José
Veyga, Francisco de
Vidal, Eduardo
Vignati, Milciades A.
Vignaux, Juan C.
Vinardell, Alberto
Voilajuson, Julián
Volpatti, Eduardo
Volpi, Carlos A.
Wainer, Jacobo
Wauters, Carlos
Weil, Pedro A.
Wernicke, Raúl
White, Guillermo J.
Wolff, Pablo Osvaldo
Wunenburger, Gastón
Yepes, José
Zamboni, Agustín
Zanetta, Alberto
Zappi, Enrique V.
Zuloaga, Angel M.

SOCIOS ACTIVOS NO RESIDENTES

Carelli, Antonio
Fischer, Gustavo Juan
King, Diarmid O.
Kinkelin Pelletan, Eugenio de
Puebla, Faustino A.

SOCIOS ADHERENTES

Aloisi, Enrique
Bardin, Pedro P.
Bazzanella, José
Carrera, César J. M.
Cotlar, Mischa
Chiodin, Alfredo S.
Di Leo, Ernesto
Dupont, Benja
Egen, Walther, von
Elizondo, Francisco M.
Ferramola, Raúl
García, Eduardo D.
Gingold Tarder, Boris
Gorchs, Agustín C.
Greenway, Daniel J.
Hendler, Eugenio
Hermitte, Raúl J. J.
Junqué Gassó, Alfredo R.
Kutner, Elías
Leiguarda, Ramón H.
Mailhos, Luis E.
Milesi, Emilio Angel
Molfino, Rubén H.
Molinari, Angélica N. V. de
Monteverde, José J.
Peraldo, Leo
Recoder, Roberto F.
Repetto, Cayetano
Reynal, Jorge E.
Rodríguez, María Luisa
Rusconi, Carlos
Sadosky, Manuel
Salvin, Raimundo G.
Stacco, Alberto Carlos
Tarhay, Irene
Tortorelli, Lucas A.
Viticcioli, Fernando
Wechsler, Wolf
Wright, Arthur W.

CASAS ADHERENTES

Angel Estrada y Cía.
Banda de Estribor
Benvenuto y Cía.
Bunge y Born, Ltda.
Compañía General de Construcciones
De la Puente y Bustamante
D'Elía, Antonio
Establecimientos Industriales "Febo"
Latham Urtubey, Agustín O.
Lutz, Ferrando y Cía.
Hijos de Atilio Massone O. Guglielmoni
Otto Hess, S. A.
Peña, Guillermo A.
Jacobo Peuser, S. A.
Polledo Hnos. y Cía.
Polledo, S. A.
Rezzani y Esperne
Rivara y Cía.
Siemens-Bauunion
S. A. Talleres Metalúrgicos San Martín «TAMET»
T. Gr. "Tomás Palumbo"
Ultramar, S. A. Petrol. Arg.
Wayss y Freytag

SOCIO VITALICIO

Huergo, Eduardo María

MIEMBROS PROTECTORES DE LA ORGANIZACION DIDACTICA DE BUENOS AIRES

Besio Moreno, Nicolás
Tornquist, E. y Cía. (Ltda).

SECCION SANTA FE

COMISION DIRECTIVA

Presidente, Ingº Agrº Bruno Santini; Vice-Presidente, Prof. Rolando Hereñú; Secretario de actas, Ingº Agrº Arturo Ragonese; Secretario de correspondencia, Ingº Quím. Emilio A. Vergara; Tesorero, Ingº Quím. Mario Schivazzappa; Vocales titulares: Dr. José Piazza, e Ingº Quím. Carlos Christen; Vocales suplentes: Dr. Gustavo A. Fester e Ingº Civ. Francisco Urondo; Encargado de Publicaciones, Ingº Civ. José Babini; Encargado de Biblioteca y Canje, Ingº Quím. Rodolfo Rouzaut.

SOCIOS ACTIVOS

Anadón, Leónidas
Ariotti, Juan Carlos
Babini, José
Berraz, Guillermo
Bertuzzi, Francisco A.
Bossi, Celestino
Cerana, Miguel
Costa Comas, Ignacio M.
Crouzeilles, A. L. de
Cruellas, José
Christen, Carlos
Christen, Rodolfo G.
Fester, Gustavo A.
Giscafre, Lorenzo
Gollán, Josué (h.)
Hereñú, ,Rolando
Hotschewer, Curto
Kleer, Gregorio
Lachaga, Dámaso A.
Lexow, Siegfried G.
Mai, Carlos
Mallea, Oscar S.
Mántaras, Fernando
Marino, Antonio E.
Méndez, Rafael O.
Minervini, José
Montpellier, Luis Marcos
Mounier, Celestino
Muzzio, Enrique
Nicollier, Víctor S.
Nigro, Angel
Niklison, Carlos A.
Peresutti, Luis
Piazza, José
Piñero, Rodolfo
Pozzo, Hiram J.
Puente, Nemesio G. de la
Ragonese, Arturo E.
Rouzaut, Rodolfo
Salaber, Julio
Salgado, José
Santini, Bruno L. P.
Schivazappa, Mario
Simonutti, Atilio A.
Spezzati, Carlos
Tissembaum, Mariano
Urondo, Francisco E.
Vergara, Emilio A.
Virasoro, Enrique
Zárate, Carlos C.

SECCION MENDOZA

COMISION DIRECTIVA

Presidente, Dr. Eduardo Carette; Vice-Presidente, Ingº Cayetano C. Piccione; Secretario, Sr. Adrián Ruíz Leal; Tesorero, Sr. Manuel Tellechea; Bibliotecario, — —
Vocales: Dr. Juan B. Lara; Ingº Juan P. Toso; Sr. Ranulfo Rosales; Dr. Juan P. Paganotto; Dr. Mario Bidone.

SOCIOS ACTIVOS

Bacal, Benjamín
Barceló, Manuel
Bauzá, Juan
Benegas, Raúl
Bidone, Mario
Borsani, Carlos Pablo
Burgoa, Pedro A.
Carette, Eduardo
Casale, Florencio B.
Ceresa, Mario Carlos D.
Croce, Francisco M.
Deis, Pedro (h.)
Dodds, Leonel
Gomensoro, José N.
González, Joaquín R.
Lara, Juan B.
Lombardozzi, Vicente P.
Magni S., Carlos J.
Minoprio, José D. J.
Paganotto, Juan P.
Pescatori Arentsen, Gustavo
Piccione, Cayetano C.
Ponce, José Raúl
Rosales, Ranulfo S.
Ruíz Leal, Adrian
Serra, Luis Angel
Silvestre, Tomás
Suárez, Jorge Carlos
Sueta, Luis G.
Toso, Juan P.
Zapata Burgos, Jorge M.

SECCION LA PLATA

COMISION DIRECTIVA

Presidente, Dr. Emiliano J. Mac Donagh; Secretario, Dra. Juana Cortelezzi; Tesorero, Dr. Tomás C. Pera; Vocales: Ingº Juan Carlos Lindquist, Dr. Pedro G. Paternosto, Dr. Víctor M. Arroyo, Prof. Alberto A. Mignanego.

SOCIOS ACTIVOS

Alsina Fuertes, Fidel
Angli, Jerónimo
Arroyo Basaldúa, Víctor M.
Burgueño, José Luis
Coria, Pedro E.
Cortelezzi, Juana

Crespi Gherzi, Roberto A.
Christmann, Federico E.
Gascón, Jorge
Gershánik, Simón
Giovambattista, Humberto
Inda, Carmen
Landolfi, José María
Lindquist, Juan Carlos
Lizarán, Fernando
Loedel Palumbo, Enrique
Mac Donagh, Emiliano J.
Madrid, Diógenes
Márquez, Aníbal R.
Marmonti, Angel
Massimino, Blas
Méndez, José D.
Mignanego, Alberto Armando
Nico, Raúl
Oliva, Virgilio
Paternosto, Pedro G.
Pera, Tomás Carlos
Platzceck, Ricardo P.
Rigamonti, Esteban F.
Ringuelet, Emilo J.
Romano Yalour, JuanG.
Sabato, Juan
Sáez, Francisco A.
Sagastume, Carlos A.
Sagastume Berra, A. E.
Scheggia, Eduardo R.
Teobaldo, Carlos
Trejo, César A.
Ucha Udabe, Manuel
Vucetich, Danilo C.
Wilkens, Alejandro

SECCION TUCUMAN

COMISION DIRECTIVA

Presidente, Ingº Félix Cernuschi; Secretario, Dr. Luis N. Pizzorno; Tesorero, Dr. Guillermo Cetrángolo; Vocales: Dr. William E. Cross, Dr. Aníbal Sánchez Reulet, Dr. Raúl J. Blaisten, Dr. Rafael Sorol.

SOCIOS ACTIVOS

Alvarado, Carlos Alberto
Balmori, Clemente H.
Benvenuto Terracini, Aron
Blaisten, Raúl J.
Boggiatto, Dante E.
Cecilio, Armando
Cernuschi, Félix
Cetrángolo, Guillermo
Conceiçao de la Cruz, Alfonso
Cross, William E.
Cuenya, Carlos (h.)
Dates, Juan W.
Descole, Horacio R.
Deza Cenget, Dacio
Escalante, Dardo A.
Fontana, Iván R.
Freiberg, Salomón
Fonio, Osvaldo A.
Frondizi, Risieri
Greve, Walther
Guzmán, Arturo M.
Herrera, Félix E.
Ibáñez, Adolfo P.
Jung, Walter
Lázaro, Juan F. de
Lebrón, Enrique Juan
Lobo, Arturo
Maidana, Héctor R.
Manoff, Isaac
Nanni, Luis Fernando
Novillo, Napoleón R.
Peirano, Abel A.
Peña Guzmán, Solano
Pepe, O. Rodolfo
Pizzorno, Luis N.
Robín, Maximiliano V.
Rodríguez Marquina, Elio
Rohmeder, Guillermo
Romaña, Cecilio
Saleme, Ernesto M.
Sánchez Reulet, Aníbal
Santillán, Luis A.
Santillán, Prudencio
Schegg, Alfredo
Silvetti, Luis María
Soria Bravo, Custodio
Sorol, Rafael V.
Storni, Julio S.
Terracini, Alejandro
Treves, Renato
Valenghi, Alejandro S.
Verna, Luis C.
Victoria, Virgilio A.
Virla, Eugenio F.
Würschmidt, José

SOCIOS CORRESPONDIENTES

Alvarez, Antenor	Sgo. del Estero
Amaral, Afranio de	San Pablo (Br.)
Avendaño, Leónidas	Lima
Bachmann, Carlos J.	Lima
Birkhoff, Jorge D.	New York
Bolivar, Ignacio	Madrid
Bonarelli, Guido	Gubbio (It.)
Borel, Emile	París
Cabrera, Blás	Madrid
Campos Porto, Pablo	Río de Janeiro
Chester Bradley, J.	Ithaca, N. Y.
Darmois, Eugenio	Nancy (Fr.)
Darmois, Georges	París
Dávila, Rubén	Santiago (Ch.)
Escomel, Edmundo	Lima
Fiebrig, Carlos	Munich (Al.)
Fontecilla Larrain, Arturo	Santiago (Ch.)
Fort, Michel	Lima
García Godofredo	Lima
González del Riego, Felipe	Lima
Goodspeed, Thomas H.	Berkeley, Cali.
Greve, Germán	Santiago (Ch.)
Guinier, Philibert	Nancy (Fr.)
Hadamard, Jacques	París
Haurian Luciano	Bruselas
Hernández, Juvenal	Santiago (Ch.)
Hijar y Haro, Luis	México
Janet, Pierre	París
Jiménez de Asúa, Luis	Madrid
Keiper, Guillermo	Berlín
Langevin, Paul	París
Levi Peppo	Rosario
Lobo, Bruno	Río de Janeiro
Mardones, Francisco	Santiago (Ch.)
Molina, Enrique	Concep. (Ch.)
Monjaráz, Jesús E.	México
Montel, Paul	París
Moretti, Gaetano	Milán
Oliver Schneider, Carlos	Concep. (Ch.)
Pereira d'Andrade, Lencastre	Nova Goa (I. P.)
Perrin, Tomás G.	México
Perrine, Carlos D.	Córdoba
Pi y Suñer, Augusto	Barcelona
Reyes Cox, Eduardo	Santiago (Ch.)
Rosenblatt, Alfred	Lima
Rowe, Leo S.	Wáshington
Tello, Julio C.	Lima
Terracini, Alejandro	Tucumán
Valle, Rafael H.	México
Vélez, Daniel M.	México
Villarán, Manuel V.	Lima
Vitoria, Eduardo	Barcelona